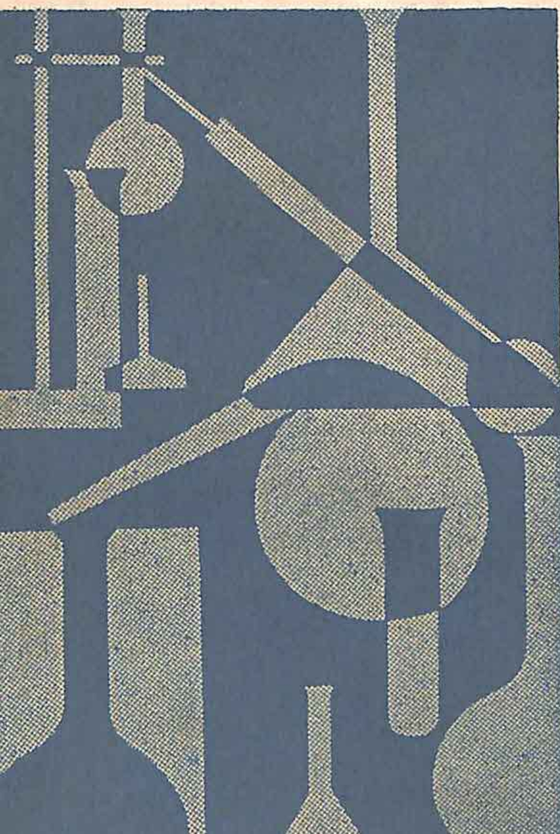
উচ্চমাধ্যমিক রসায়ন

প্রথম খণ্ড



ডঃ ক্ষেত্রপ্রসাদ সেনশর্মা

Written according to the Curriculum & Syllabus of West Bengal Council of Higher Secondary Education for Classes XI & XII, March 1976.

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

[প্রথম খণ্ড]

ডঃ ক্ষেত্রপ্রসাদ সেনশর্মা

রীডার, যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়

সভাপতি ঃ বঙ্গীয় বিজ্ঞান পরিষদ

প্রাক্তন অধ্যাপক ঃ দীনবন্ধু মহাবিদ্যালয় ; নরসিংহ দত্ত কলেজ ;
রাণাঘাট কলেজ ; মেদিনীপুর কলেজ ; চন্দননগর কলেজ ;

পরীক্ষক ঃ বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়

পরিমার্জিত ও পরিবর্ধিত সংস্করণ

পাবলিশিং সিণ্ডিকেট

৪৪এ, বেনিয়াটোলা লেন, কলিকাতা-৭০০০০৯

প্রকাশক—
শ্রীসচ্চিদানন্দ গুহ
৪৭এ, বেনিয়াটোলা লেন,
কলিকাতা-৭০০০০৯

প্রথম সংস্করণ—আগস্ট, ১৯৭৬
পরিমার্জিত ও পরিবর্ধিত দ্বিতীয় সংস্করণ—আগস্ট, ১৯৭৯

মূল্য—ষোল টাকা মাত্র।

উৎসর্গঃ

৺রতনকৃষ্ণ সেনশর্মা
৺রামদাস সেনশর্মা

মুদ্রক—
শিখা চৌধুরী
রূপা প্রেস,
২৯৯ এ, বিধান সরণী,
কলিকাতা-৭০০০০৬

॥ ভূমিকা ॥

এই বৎসর থেকে উচ্চ মাধ্যমিক পাঠক্রম নূতন ও পৃথক করে প্রবর্তিত হয়েছে। এরই অনুসারে, এবং নূতন পাঠক্রমে, পূর্বপ্রচলিত পাঠ্যতালিকার কিছু পরিবর্তন হওয়ার ফলে,- নূতন পাঠক্রমের ছাত্রছাত্রীদের শিক্ষা উপযোগী বই'এর বিশেষ প্রয়োজন ছিল। ডক্টর ক্ষেত্রপ্রসাদ সেনশর্মা, এই উদ্দেশ্যে, বহু পরিশ্রম করে "উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন" বইটি লিখেছেন। রসায়নের তত্ত্ব এবং তথ্যগুলি শিক্ষার্থীরা যাতে ভালভাবে আয়ত্ত করতে পারে সে বিষয়ে তিনি যে কত চিন্তা এবং আন্তরিক পরিশ্রম ও প্রচেষ্টা করেছেন, ত তাঁর গ্রন্থে সুস্পষ্টভাবে ফুটে উঠেছে।

ডঃ সেনশর্মা রসায়নের কৃতী ছাত্র এবং দীর্ঘকাল তিনি রসায়নের অধ্যয়ন, অধ্যাপনা ও গবেষণা করছেন। ছাত্রপ্রিয় অধ্যাপক ও সুলেখক রূপেও তিনি খ্যাতি অর্জন করেছেন। ছাত্র-ছাত্রীদের সুবিধার দিকে নজর রেখে, উচ্চ মাধ্যমিক রসায়নের পাঠ্যতালিকাভুক্ত বিষয়গুলিকে, ডঃ সেনশর্মা তাঁর গ্রন্থে সহজ ও সরলভাবে এবং সুললিত ভাষায় বিশদভাবে আলোচনা করেছেন। বিষয়গুলি ও তথ্যসমূহকে ছাত্র-ছাত্রীদের কাছে সহজেই বোধগম্য করার জন্য তিনি নানা উদাহরণেরও সাহায্য নিয়েছেন। নানা উদাহরণ ও সুচিন্তিত উপস্থাপনায়, অধ্যায়গুলির বর্ণনা বিশেষ মনোজ্ঞ হয়ে উঠেছে। শুধু কতকগুলি তথ্য দিয়ে ছাত্র-ছাত্রীদের শেখানোর জন্য বই লিখলে, সে বই কখনই ছাত্রছাত্রীদের মনে দাগ কাটে না। কিন্তু যে গ্রন্থকার সেইসব তথ্যগুলি যথাযথভাবে চিত্রে, উদাহরণে ও উপস্থাপনে মনোজ্ঞ করে সাজিয়ে ছাত্র-ছাত্রীদের মনের গভীরে সেগুলি গেঁথে দিতে সাহায্য করেন—যার ফলে তারা পরবর্তীকালে অধীতবিদ্যার ব্যবহারিক প্রয়োগে অনুপ্রাণিত হয়,—তিনিই প্রকৃত লেখক। ডঃ সেনশর্মার প্রচেষ্টা সেইদিক থেকে সার্থক হয়েছে একথা নিঃসংশয়ে বলা যায়।

বিশ্বের কল্যাণার্থে প্রতি মুহূর্তেই রসায়নের তত্ত্ব এবং তথ্যগুলিকে কাজে লাগানো হচ্ছে। সেইজন্য, ছাত্র-ছাত্রীদের রসায়ন বিষয়ে সুস্পষ্ট ও বিশদ জ্ঞানের প্রয়োজন। উচ্চ মাধ্যমিক স্তরে সে বিষয়ে তাদের জ্ঞান যদি সুস্পষ্ট না হয় তাহ'লে পরবর্তীকালে স্নাতক ও উত্তর-স্নাতক শ্রেণীতে তারা রসায়নের জটিল তথ্যগুলি বুঝতে অসমর্থ হয়। আমি মনে করি, রসায়নে জ্ঞানলাভের প্রাথমিক স্তরে, ডঃ সেনশর্মার 'উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন' গ্রন্থটি ছাত্রছাত্রীদের কাছে রসায়নে যথার্থ প্রারম্ভিক দক্ষতা এনে দিতে সক্ষম হবে।

'উচ্চ মাধ্যমিক রসায়নে'র প্রথম খণ্ড, পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদ নির্দেশিত পাঠ্যসূচী অনুসারে রচিত হয়েছে। ইংরাজীতে লেখা প্রামাণ্য রসায়ন গ্রন্থগুলির সাহায্য নেওয়ায়—বইটি বিশেষ উচ্চমানের হয়ে উঠেছে। ছাত্রছাত্রীদের যাতে রসায়নের কোন বিষয়ে ভুল ধারণা না জন্মায়, সেজন্য লেখক বিশেষ যত্ন নিয়েছেন। রাসায়নিক মৌল ও যৌগ পদার্থের আন্তর্জাতিক ভাবে গৃহীত ইংরাজী নামগুলিই এই পুস্তকে ব্যবহৃত হয়েছে—এতেও ছাত্রছাত্রীদের সুবিধা হবে।

আমি আশা করি উচ্চ মাধ্যমিক ছাত্র-ছাত্রী ও তাদের শিক্ষক ও শিক্ষিকাদের কাছে এই রসায়ন গ্রন্থটি সাদরে গৃহীত হবে।

স্নেহাস্পদ ডঃ ক্ষেত্রপ্রসাদ সেনশর্মাকে আমার আন্তরিক আশীর্বাদ ও অভিনন্দন জানাই। তাঁর গ্রন্থ রচনার মূল উদ্দেশ্য—দীর্ঘ পরিশ্রম ও আন্তরিক প্রয়াসে, সাফল্যমণ্ডিত হয়েছে।

অসীমা চট্টোপাধ্যায়, পদ্মভূষণ

ডি. এস. সি., এফ. এন. এ.

রসায়ন বিভাগের প্রধান ও

ডীন অফ্ দি ফ্যাকাল্টি অফ সায়ান্স

কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ঃ

প্রাক্তন সভাপতিঃ ভারতীয় বিজ্ঞান কংগ্রেস

বিজ্ঞান কলেজ
কলিকাতা।
১০ই আগষ্ট, ১৯৭৬

দ্বিতীয় সংস্করণের ভূমিকা

'উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন' প্রথম ও দ্বিতীয় খণ্ড প্রকাশিত হবার পরে তা ছাত্রছাত্রী এবং শিক্ষক-শিক্ষিকাদের কাছ থেকে প্রভূত সমাদর ও স্বীকৃতি লাভ করেছিল। এর জন্য আমি আন্তরিক আনন্দিত ও কৃতজ্ঞ। দীর্ঘকাল এটি নিঃশেষিত-মুদ্রণ হয়েছিল এবং নানা মহল থেকে এটি দ্রুত পুনঃপ্রকাশের তাগিদ আসা সত্ত্বেও তা উপযুক্ত সময়ে পুনর্মুদ্রিত করা যায়নি, নানা অনিবার্য কারণে। এর জন্য আমি আন্তরিক লজ্জিত ও দুঃখিত। প্রেস ধর্মঘট ও বিদ্যুৎ সংকটের অসংখ্য বাধাও বিলম্বিত করেছে পুনর্মুদ্রণকে। প্রকাশক শ্রীসচ্চিদানন্দ গুহ'র অক্লান্ত পরিশ্রমে, আরো বিলম্ব এড়িয়ে—পরিমার্জিত ও পরিবর্ধিত দ্বিতীয় সংস্করণ প্রকাশ করা সম্ভব হয়েছে, এজন্য তাঁর কাছে আমি কৃতজ্ঞ।

উচ্চ মাধ্যমিকের পূর্বতন পাঠক্রমের ইতিমধ্যে কিছু পরিবর্জন ঘটেছে। সেজন্য এ সংস্করণে বর্তমানে অনুসৃত পাঠক্রমই অন্তর্ভুক্ত হয়েছে। ভৌত রসায়নের অনেক অংশ পুনর্লিখিত ও সংযোজিত হয়েছে। রাসায়নিক গণনা অংশেই বেশী সংযোজন করা হয়েছে, এই উদ্দেশ্যে যে, রাসায়নিক গণনায় দক্ষতা ও সাবলীলতা রসায়ন শিক্ষার অনিবার্য অঙ্গ। আমার অভিমত, ভালো ছাত্রদের মেধা যাচাই করার জন্য, হায়ার সেকেণ্ডারী কাউন্সিল 'অবশ্য উত্তর করতে হবে' (compulsory) এই ভিত্তিতে রাসায়নিক গণনার নানা শাখার নানা সমস্যা নিয়ে একটি গ্রুপ প্রশ্নপত্রে সৃষ্টি করলে ভাল হবে।

এ সংস্করণেও, আই. আই. টি., জয়েন্ট এণ্ট্রান্স ও হয়ে যাওয়া দুটি মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্ন, এবং উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদের আদর্শ প্রশ্নগুলিকে আমি জোর দিয়েছি। অব্জেকটিভ প্রশ্নগুলির ভিত্তিতে, বিবিধ প্রশ্নাবলী পরিবর্ধিত করেছি। আশা করবো, শিক্ষক-শিক্ষার্থীরা এর দ্বারা উপকৃত হবেন। আরো নতুন বিষয়, যা আলোচ্য হওয়া উচিৎ, তার সম্বন্ধে তাঁরা দৃষ্টি আকর্ষণ করলে ভবিষ্যতে আমার পরিবর্ধনের সুযোগ ঘটবে।

গত সংস্করণের কিছু মুদ্রণ-প্রমাদের দিকে কিছু ছাত্রছাত্রী ও বন্ধুজনেরা দৃষ্টি আকর্ষণ করেছিলেন। এ সংখ্যায় যদি কিছু অনবধানতায় থেকে গিয়ে থাকে, তার ত্রুটি স্বীকার করছি। নির্দেশ দিলে, বাধিত হব।

এ সংস্করণের ঋণ স্বীকারে প্রথমে মনে পড়ছে আমার স্নেহাস্পদ ছাত্র অকাল প্রয়াত ৺নির্মল শ্রীমানীর কথা। প্রথম সংস্করণ প্রকাশের পরই যে কয়েকটি বিষয় সংযোজন করার কথা বলেছিল। সেগুলি সংযোজন করেছি। এ সংস্করণে আমার সংযোজনে সাহায্য করেছে, অনেক ছাত্রছাত্রী, যেমন স্মরজিৎ রায়, কুশলবিলাস ঠাকুর, শ্যামল ভট্টাচার্য, তাপস তলাপাত্র, কৌশিক সেনশর্মা, সুগত সেনশর্মা, ইত্যাদি। পাণ্ডুলিপি প্রণয়নে সাহায্য করেছেন শিপ্রা সেনশর্মা।

'উচ্চ মাধ্যমিক রসায়নে'র দ্বিতীয় সংস্করণ, ছাত্রছাত্রী ও শিক্ষকদের আরো উপযোগী হবে এই আশা নিয়ে, তাঁদের মতামত ও সমালোচনার অপেক্ষায় থাকব।

কলিকাতা
১২ই আগষ্ট : ১৯৭৯

ক্ষেত্রপ্রসাদ সেনশর্মা

॥ প্রথম সংস্করণের ভূমিকার অংশবিশেষ ॥

পশ্চিমবঙ্গে প্রচলিত এগারো বৎসরের উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা ব্যবস্থার পরিবর্তন করে দশ বৎসরের মাধ্যমিক পাঠক্রম এবং দুই বৎসরের উচ্চ মাধ্যমিক পাঠ্যক্রম এই বৎসর থেকে প্রচলিত হ'ল। অন্যান্য দেশের প্রাগ্রসর শিক্ষা-পদ্ধতির সঙ্গে সমতার জন্য, এই পরিবর্তন কাম্য ছিল।…

…আমার দীর্ঘকালের প্রাক্-স্নাতক, স্নাতক ও উত্তর-স্নাতক শ্রেণীতে রসায়ন শিক্ষার অভিজ্ঞতা থেকে, এবং কয়েকটি 'স্কুল শিক্ষকদের গ্রীষ্মকালীন শিক্ষা শিবিরে' শিক্ষকরূপে যোগ দিয়ে পাশ্চাত্য দেশগুলিতে উচ্চ মাধ্যমিক স্তরে আধুনিক রসায়ন শিক্ষণপদ্ধতির প্রত্যক্ষ পরিচয় থেকে—আমি এ গ্রন্থ রচনা করেছি। কোনো কোনো বিষয়ের বিশদ আলোচনা শিক্ষক হিসাবে আমার প্রয়োজন মনে হলেও সীমিত পরিসরের জন্য তা করা সম্ভব হয়নি। তবু সমগ্র গ্রন্থে আমি রসায়নের আধুনিক আলোচনার কথা মনে রেখেছি এবং এ বিষয়ে বিদেশী গ্রন্থগুলিরও অধ্যয়ন ফল অন্তর্ভুক্ত করেছি। বইটির গুণাগুণ বিচারের ভার শিক্ষক ও শিক্ষার্থীদের ওপরই রইল। তাঁদের কাছে এ গ্রন্থ সমাদৃত হলে আমার পরিশ্রম সার্থক হয়েছে বলে মনে করবো। দ্রুততার জন্য, অনবধাবনতায় যদি কোন ত্রুটি থাকে (যা থাকা স্বাভাবিক) তা নির্দেশ করলে আমি বিশেষ কৃতজ্ঞ হবো এবং পরবর্তী সংস্করণে সংশোধনের সুযোগ পাবো, এই নিবেদন রইল।…

…প্রস্তাবিত উচ্চ মাধ্যমিকের শিক্ষণপদ্ধতির রূপরেখা এবং প্রশ্নপত্রের ধাঁচ এখনো অজানা। মূলতঃ, আমি পূর্বপ্রচলিত মাধ্যমিকের প্রশ্ন, আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্ট, জয়েন্ট এণ্ট্রান্স অ্যাডমিশন টেস্ট, শিক্ষক ও প্রশ্নপত্র রচয়িতারূপে আমার অভিজ্ঞতা থেকে সম্ভাব্য প্রশ্ন এবং কতকগুলি বিষয়মুখী প্রশ্ন দিয়েছি। পরে এগুলি প্রয়োজনমত পরিবর্তন করা যাবে।

গ্রন্থরচনায় নানা স্তরে আমায় নানাভাবে অনেকে সাহায্য করেছেন। এ-গ্রন্থের ভূমিকা লিখেছেন, আমার শিক্ষিকা ও পরম শ্রদ্ধাস্পদা অধ্যাপিকা অসীমা চট্টোপাধ্যায়। আমি তাঁকে আন্তরিক শ্রদ্ধা ও কৃতজ্ঞতা জানাই। এ গ্রন্থের প্রচ্ছদ এঁকে আমাকে সাহায্য করেছেন আমার স্নেহাস্পদ তরুণ শিল্পী শ্রীঅসীম বসু। এ গ্রন্থের নানা চিত্র এঁকে আমাকে বিশেষ সাহায্য করেছেন প্রীতিভাজন শিল্পী শ্রীঅমল দাশ গুপ্ত। পাণ্ডুলিপি প্রণয়নে সাহায্য করেছেন—ডক্টর শিপ্রা সেনশর্মা, প্রাণকৃষ্ণ দেবনাথ, নির্মল শ্রীমানী, অনুপ চক্রবর্তী, সুগত ও কৌশিক সেনশর্মা। সর্বোপরি অক্লান্ত পরিশ্রম ও সহযোগিতা করেছেন শ্রদ্ধাভাজন শ্রীজ্যোতির্ময় গুহ ও প্রকাশক শ্রীসচ্চিদানন্দ গুহ।…

কলিকাতা
১৫ই আগস্ট, ১৯৭৬

ক্ষেত্রপ্রসাদ সেনশর্মা

সূচীপত্র

প্রথম ভাগ

সাধারণ ও ভৌত রসায়ন

দ্বিতীয় ভাগ

অজৈব রসায়ন

CURRICULUM & SYLLABUS

PAPER I—(Full Marks—80)

GROUP A : **General and Physical Chemistry** (Marks—40)

I. Introduction. Chemistry—an experimental Science. Elements. Compounds and mixtures.

II. Laws of Chemical Combination—Dalton's Atomic Theory (critical study). Gay Lussac's Law. Atomic weight (definition),

III. Concept of the Molecule and Avogadro's Hypothesis. Definition of molecular weight. Simple deductions from Avogadro's Hypothesis. Avogadro Number (Determination excluded). Mole concept.

IV. Symbols, Formula and Valency.—Chemical equations and their significance. Stoichiometry. Weight to weight, weight to volume and volume to volume calculations. Eudiometry. Vapour density (determination omitted), empirical formula and molecular formula.

V. Equivalent weight. Chemical methods of determination of equivalent and atomic weights. Dulong and Petit's Laws. Mitwcherlich's law of isomorphism. Calculations involving atomic and equivalent weights ; Calculations on the basis of Mole concept may also be used in numerical problems.

VI. Acidic, Basic, Amphoteric and Neutral Oxides. Hydracids and Oxyacids. Basic Oxides and Hydroxides. Normal, Acid and Basic Salts—Hydrolysis. Equivalent weight of Acids, Bases and Salts. Standard solutions—normal and molar (and formal) solutions. Neutralisation, Indicator. Chemical Calculations on Acidimetry and Alkalimetry.

VII. Oxidation and Reduction—old concept and new electronic concept. Inter-relation between the two Oxidation number—balancing equations by Oxidation-number method (simple examples only from reactions under the purview of the syllabus).

Electropotential series of metals.

VIII. Boyle's Law, Charles' Law. Gas Constant R ; $pv = nRT$. Dalton's Law of Partial Pressures. Graham's Law of diffusion of gases.

Note : Numerial p oblems on
(i) Dalton's Law of Partial Pressure ;
(ii) Graham's Law of diffusion of gases are not required.

IX. Law of Mass Action. Dynamic Equilibrium and Equilibrium constant. La Chatelier Principle and its application to some industrial reactions.

Note : Numerical problems on Law of Mass action are not required.

GROUP—B : **Inorgranic Chemistry** (Marks—40)

The Chemistry of an element or a compound mentioned in this syllabus includes Preparation, Properties, Reactions and uses. Laboratory Process should be included where necessary.

Chemistry of the following :—(Comparative study wherever possible.)

I. Oxygen and Hydrogen. Water ; Hard water and soft water, Softening of water. Gravimetric and Volumetric Composition of water. Hydrogen peroxide and Ozone.

II. Air : Nitrogen.

III. The Elements—Carbon, Phosphorus, Sulphur and Halogens (Flurine excluded.)

IV. Oxides

CO, CO_2, SiO_2, N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5, P_4O_6, P_4O_{10} SO_2, SO_3.

V. Oxyacids

Nitrous, Nitric, Phosphorous, Phosphoric, Sulphurous and Sulphuric Acids.

VI. Hydrides—Ammonia, Phosphine, Sulphuretted Hydrogen, Hydrochloric, Hydrobromic and Hydriodic Acids.

VII. Manufacture (omitting details) of Ammonia (Conversion of Ammonia into Ammonium Sulphate and Urea), Nitric Acid, Sulphuric Acid (Contact process only) and Superphosphate of Lime, Coal Gas.

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

প্রথম খণ্ড

॥ প্রথম ভাগ ॥

॥ সাধারণ ও ভৌত রসায়ন ॥

রসায়ন বিজ্ঞান ঃ মৌল, যৌগ ও মিশ্র পদার্থ

প্রথম অধ্যায়

সূচনা — প্রকৃতি-বিজ্ঞান — রসায়ন বিজ্ঞান — রসায়ন একটি পরীক্ষা-ভিত্তিক বিজ্ঞান — পদার্থ ও শক্তি — পদার্থের ধর্ম, অবস্থা ও শ্রেণীবিভাগ — মৌল ও যৌগ — যৌগ ও মিশ্র পদার্থ।

সূচনা ঃ আমাদের চেতনার উন্মেষের পর হইতেই যে পরিবেশের সহিত আমরা পরিচিত হইয়া উঠি—সে এই পরিপার্শ্বের পৃথিবী ও বিশ্ব-জগৎ। নানা বস্তু ও শক্তির সমবায়ে গঠিত এই পৃথিবী ও বিশ্বজগতের বৈচিত্র্যের যেমন সীমা নাই, তেমনি যে মূল উৎস—প্রকৃতি হইতে এই বৈচিত্র্যের সৃষ্টি, সেই প্রকৃতিরও নানা রহস্যের অন্ত নাই।

প্রকৃতিতে বুদ্ধিমান প্রাণী হিসাবে মানুষের স্থান অনন্য এইখানে যে, প্রকৃতির এই বৈচিত্র্যে মানুষ কেবলই মুগ্ধ হয় নাই, প্রকৃতির নানা রহস্যকে মানুষ কেবলই অনুভব করিয়া ক্ষান্ত হয় নাই—এই বৈচিত্র্যের কারণ মানুষ অনুসন্ধান করিয়াছে, নানা রহস্যের মূল মানুষ উদ্ঘাটন করিতে চাহিয়াছে, সৃষ্টির মূলে যে নিয়মগুলি সেই নিয়মগুলিকে মানুষ অধিগত করিতে চাহিয়াছে। মানুষের এই জানার আকাঙ্ক্ষা, এই উপলব্ধির প্রয়াস চিরন্তন। এই প্রয়াসের ইতিহাস, মানুষের আবির্ভাবের ইতিহাসের আদি হইতেই অবিচ্ছিন্ন ও অন্তহীন। এই অন্তহীন প্রয়াসের ফলেই মানুষ প্রাকৃতিক নানা বস্তু ও শক্তির গুণাগুণ ও গতিপ্রকৃতিকে অনুশীলন করিয়াছে, তাহাদের সম্বন্ধে বিশেষ জ্ঞানের অধিকারী হইয়াছে এবং এই বস্তু ও শক্তিকে আয়ত্তাধীন করিয়া ও তাহাদের উন্নততর রূপায়ণ ঘটাইয়া নিজের জীবন-যাত্রাকে উন্নত করিয়াছে। প্রকৃতির সম্বন্ধে এই যে বিশেষ জ্ঞান, এই সংকলিত জ্ঞানই গড়িয়া তুলিয়াছে—**প্রকৃতি-বিজ্ঞান** (Natural Science)।

মানুষের জ্ঞানের অনুশীলনের দুইটি জগৎ আছে। একটি তাহার বোধ, বোধি বা অনুভূতির জগৎ, আরেকটি বুদ্ধির জগৎ। এই দুইটি পরস্পরের পরিপূরক। বোধের জগতে মানুষের জ্ঞানের নানা শাখা গড়িয়া উঠে, যাহা মূলত অনুভূতি-নির্ভর—যেমন, সাহিত্য, দর্শন, ধর্ম, ইত্যাদি। বুদ্ধির জগতে মানুষের জ্ঞানের শাখা গড়িয়া উঠিয়াছে প্রকৃতি-বিজ্ঞান রূপে। প্রকৃতি-বিজ্ঞানের ভিত্তি, অনুভূতিজাত নানা অভিজ্ঞতার সুসম্বদ্ধ বিন্যাস ও উহাদের যুক্তিসহ বিশ্লেষণ। প্রকৃতি-বিজ্ঞানে মানুষ যুক্তি ও বুদ্ধির উপরই নির্ভরশীল। প্রকৃতি-বিজ্ঞানের উন্নত ও নিয়ত প্রসারিত রূপই আজ গড়িয়া তুলিয়াছে বিংশশতাব্দীর প্রগতিশীল বস্তুবাদী বিজ্ঞান সভ্যতা।

আজ যে যান্ত্রিক ও বিজ্ঞান সভ্যতার যুগে আমরা বাস করি সে যুগে ইলেকট্রিসিটি, রেডিও, রাডার, টেলিফোন, টেলিভিশন, সিনেমা, অ্যান্টিবায়োটিক, রকেট, জেট-প্লেন, পরমাণু-শক্তি, কৃত্রিম উপগ্রহ এ-সবই আমাদের প্রতিদিনের জীবনযাত্রার ও সভ্যতার অঙ্গীভূত। অশনে-বসনে, আহারে-বিহারে, প্রমোদে-ব্যসনে, দেশরক্ষা ও দেশের প্রগতিতে যুদ্ধে ও শান্তিতে—বিজ্ঞানের ও প্রযুক্তিবিদ্যার ভূমিকা আজ একান্ত ও অপরিহার্য।

প্রকৃতি-বিজ্ঞান : বিভিন্ন দৃষ্টিভঙ্গী হইতে নানা বস্তুর ও শক্তির পরীক্ষা-নিরীক্ষা, যুক্তিসহ বিশ্লেষণ ও সবিশেষ অনুশীলনে যে বিজ্ঞানগুলি গড়িয়া উঠে, উহাদের "প্রকৃতি-বিজ্ঞান" বলা হয়। প্রকৃতি-বিজ্ঞানের নানা শাখা আছে এবং প্রতিটি শাখারই একটি **তাত্ত্বিক** (theoretical) দিক ও আরেকটি **ফলিত** বা **প্রযুক্তির** (applied) দিক আছে। প্রকৃতি-বিজ্ঞানের মূল কয়েকটি শাখা :

মূলশাখা	প্রযুক্তি
জ্যোতির্বিদ্যা	মহাকাশ বিজ্ঞান
পদার্থ বিদ্যা	ইঞ্জিনিয়ারিং বিজ্ঞানসমূহ, পরমাণুশক্তি বিজ্ঞান
রসায়ন বিদ্যা	রাসায়নিক পদার্থ সমূহের উৎপাদন ও বিশ্লেষণ
জীববিদ্যা	পশুবিজ্ঞান
উদ্ভিদবিদ্যা	কৃষিবিজ্ঞান
ভূবিদ্যা	খনিজ-বিজ্ঞান
আবহ-বিদ্যা	আবহ-বিজ্ঞান
শারীর-বিদ্যা	চিকিৎসা-বিজ্ঞান

রসায়ন-বিজ্ঞান : বিজ্ঞানের যে শাখায় পদার্থের (মৌল এবং যৌগের) ধর্ম, গুণাগুণ, ক্রিয়া-বিক্রিয়া, রূপান্তর, সাংগঠনিক রূপ, বিশ্লেষণ ও ব্যবহার অনুশীলন করা হয়, সেই শাখাকে **রসায়ন** (Chemistry) নামে অভিহিত করা হয়।

প্রকৃতি-বিজ্ঞানের মূল শাখাগুলির মধ্যে রসায়ন শুধু অন্যতম নহে, বিশিষ্টতম। বস্তুতঃ, আজ সভ্যতায় যে উন্নত জীবন-যাত্রার রূপ, তাহা রসায়নেরই প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ অবদান। প্রকৃতি-বিজ্ঞানের যে কোন শাখারই পরীক্ষা-নিরীক্ষার উপকরণে যে বিশেষ বিশেষ গুণসম্পন্ন বস্তু আবশ্যক, তাহা রসায়ন বিজ্ঞানেরই সৃষ্টি। জীবনযাত্রার নানাস্তরে—জ্বালানী, কৃষি, পরিধেয়, কাগজ ও মুদ্রণ-শিল্প, যানবাহন, যোগাযোগ, ঔষধ, ধাতুশিল্প, গৃহনির্মাণের বস্তু-সমূহ, কাচ, প্লাষ্টিক ও অসংখ্য বস্তুর ক্রমশঃ উন্নত যে ব্যবহার তাহা রসায়নেরই প্রত্যক্ষ অবদান।

রসায়ন একটি ব্যাপক বিজ্ঞান এবং নিত্য-নূতন গবেষণা ও আবিষ্কার ইহার পরিধি ও সম্ভাবনাকে নিয়তই বিস্তৃত করিয়া চলিয়াছে। সংক্ষেপে, রসায়নের মূল বিভাগগুলি :

- **ভৌত রসায়ন** (Physical Chemistry)
- **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry)
- **অজৈব রসায়ন** (Inorganic Chemistry)
- **বিশ্লেষণী রসায়ন** (Analytical Chemistry)

রাসায়নিক পদার্থসমূহের ভৌত প্রকৃতি এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলির উপর চাপ-তাপ-বিদ্যুৎ-আলোক প্রভৃতির প্রভাব এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলির গতিপ্রকৃতির নিয়ামক কারণগুলি সম্বন্ধে রসায়নের যে শাখায় বিশেষ অনুশীলন করা হয়—উহাই সাধারণভাবে **ভৌত রসায়ন**।

কয়লা, পেট্রোলিয়াম এবং অসংখ্য প্রাণী ও উদ্ভিদদেহজাত কার্বনযুক্ত নানা রাসায়নিক যৌগগুলি—মূলতঃ নানা হাইড্রো-কার্বন ও ঐগুলি হইতে সঞ্জাত যৌগসমূহ। এই যৌগসমূহ ও সংশ্লিষ্ট যৌগসমূহকে রসায়নের যে বিশেষ শাখায় অনুশীলন করা হয়—ঐ শাখাকে **জৈব রসায়ন** বলা হয়।

জৈব যৌগ বাদে অন্যান্য রাসায়নিক যৌগগুলি ও উহাদের উৎপাদক মৌলগুলির প্রস্তুতি, ধর্ম প্রভৃতি অনুশীলনের জন্য রসায়নের যে বিশেষ শাখা—উহাই **অজৈব রসায়ন।**

রসায়নের যে শাখায় রাসায়নিক মৌল ও যৌগ পদার্থসমূহের প্রকৃতি (qualitative) নিরূপণ এবং মাত্রা (quantative) নির্ধারণের জন্য যে নানা পরীক্ষা ও অনুসৃত পদ্ধতির অনুশীলন করা হয়, রসায়নের ঐ শাখাকে **বিশ্লেষণী রসায়ন** বলা হয়।

ইহাদের প্রতিটি শাখারই আবার বিজ্ঞানের অন্য শাখার মত—দুইটি শাখা আছে ঃ তাত্ত্বিক শাখা ও ফলিত শাখা। ইহা ছাড়া রসায়নের যে বস্তুগুলির ব্যবহারিক মূল্যের জন্য বহুল উৎপাদন প্রয়োজনীয়, তাহার সংশ্লিষ্ট নানা অনুশীলন ও প্রযুক্তির জন্য রসায়নের একটি মূল শাখা গড়িয়া উঠিয়াছে—**রাসায়নিক শিল্প প্রযুক্তি শাখা** (Chemical Engineering)।

বর্তমান যুগে বিজ্ঞানের নানা শাখায় যে অকল্পনীয় দ্রুত প্রগতি ঘটিতেছে, তাহাতে বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখাগুলির সুনির্দিষ্ট সীমারেখা আর থাকিতেছে না এবং একটির আপেক্ষিকে আরেকটি শাখার নূতন রূপান্তর ঘটিতেছে। এইভাবে, নবসৃষ্ট রসায়নের কয়েকটি শাখা—**কোয়াণ্টাম রসায়ন** (Quantum Chemistry), **প্রাণরসায়ন** (Bio-Chemistry), **পরমাণু-কেন্দ্রিক রসায়ন** (Nuclear Chemistry), **ভূ-রসায়ন** (Geo-Chemistry), **মহাকাশ রসায়ন** (Cosmo-Chemistry) ইত্যাদি। গণিত ও পদার্থবিদ্যার নানা নূতন তত্ত্বের প্রস্তাবনার ফলেও, রসায়নের নানা নূতন শাখা গড়িয়া উঠিয়াছে। বস্তুতঃ আধুনিক রসায়নের মূল তত্ত্বগুলির অধিকাংশই পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের নানা তত্ত্বের উপর ভিত্তি করিয়াই প্রতিষ্ঠিত।

রসায়ন বিজ্ঞান একটি পরীক্ষাভিত্তিক বিজ্ঞান
(Chemistry—an experimental science)

সকল বিজ্ঞানেরই ভিত্তি গড়িয়া উঠিয়াছে পরীক্ষালব্ধ ফলাফলকে কেন্দ্র করিয়া। রসায়ন বিজ্ঞানও একটি পরীক্ষাভিত্তিক বিজ্ঞান। নানা পরীক্ষা হইতে যে ফলাফল পাওয়া যায়, তাহা হইতেই রাসায়নিক নানা প্রণালী, তত্ত্ব, নিয়ম, সূত্র ইত্যাদির সৃষ্টি হইয়াছে। রসায়নে অনুমান বা কল্পনার কোন স্থান নাই। যতক্ষণ না পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয়, ততক্ষণ কোন রাসায়নিক তত্ত্ব বা প্রণালী, প্রতিষ্ঠিত ও গৃহীত হয় না।

পরীক্ষাকে ভিত্তি করিয়া কিরূপে রাসায়নিক তত্ত্ব ও নিয়ম প্রতিষ্ঠিত হয়, তাহার একটি উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে। আমরা সকলেই লক্ষ্য করিয়া থাকি, কতক বস্তু দাহ্য ও কতক বস্তু অদাহ্য। পরিচিত বস্তুর মধ্যে দাহ্য বস্তুর অতি সাধারণ উদাহরণ—কয়লা, কাঠ, মোমবাতি ইত্যাদি কয়েকটি কঠিন জাতীয় পদার্থ। কিন্তু এই পর্যবেক্ষণ অসম্পূর্ণ। স্পিরিট, পেট্রোল ইত্যাদি বস্তু গ্যাস হইলেও দাহ্য। অতএব, **দাহ্যতা পদার্থের অবস্থা নির্ভর নয়।**

বিশেষভাবে পর্যবেক্ষণ করিলে লক্ষ্য করা যায়, অনুকূল বায়ু থাকিলে দহন সুসম্পূর্ণ হয়। বাড়ীর কয়লার বা কাঠের উনানে হাওয়া দিলে উহা ভালোভাবে জলে অথবা কোন অগ্নিকাণ্ড ঘটিলে বায়ুপ্রবাহে উহা বর্ধিত হয় ও ছড়াইয়া পড়ে। আবদ্ধ পাত্রে বায়ুর জোগান বন্ধ করিয়া দিলে, জলন্ত বস্তুও নিভিয়া যায়। অতএব, **বায়ুর উপস্থিতি যথাযথ দহনের একটি শর্ত।**

পর্যবেক্ষণকে আরও নানা পরীক্ষার সাহায্যে প্রসারিত করিলে দেখা যায় যে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুযুক্ত পাত্রে উপরের তালিকার দাহ্য বস্তুগুলি দহন করিবার পর বায়ুর নাইট্রোজেন অংশ অপরিবর্তিত ও অব্যবহৃতই থাকে, কিন্তু অক্সিজেন অংশের রাসায়নিক রূপান্তর ঘটে। উপরিউক্তভাবে কয়লার দহন ঘটাইলে অক্সিজেন কার্বন ডায়ক্সাইডে পরিণত হয় ; হাইড্রোজেনের অনুরূপ দহনে, অক্সিজেন জলে পরিণত হয়। অতএব, **বায়ুর সমগ্র অংশ নয়, কেবলমাত্র অক্সিজেন অংশ দহনে আবশ্যক** ইহাও জানা গেল।

সুতরাং দহনের মত একটি প্রাকৃতিক ঘটনাকে রসায়নে পরীক্ষার সাহায্যে আরও নানাভাবে লক্ষ্য করিয়া এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে : ● দাহ্যতা বস্তুর নিজস্ব ধর্ম ; ● দাহ্যতা বস্তুর অবস্থার উপর নির্ভর করে না ; ● দহনের জন্য বায়ুর অক্সিজেন অংশের আবশ্যক ; ● দহনে দাহ্যবস্তু ও অক্সিজেনের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে (অর্থাৎ উভয়েই নূতনতর অণুতে পরিণত হয়) ● প্রতি দহনেই তাপ উদ্ভূত হয় ; ● দহনের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি, তাপদায়ী-বিক্রিয়া (exothermic reaction)।

কিন্তু এই সিদ্ধান্তগুলির আরও যাচাই প্রয়োজন। আরও নূতন নূতন দাহ্য বস্তু লইয়া পরীক্ষা এবং উহাদের ফলাফল দহন-ক্রিয়ার পূর্বোক্ত সিদ্ধান্তগুলি অনুসরণ করিতেছে কি-না তাহা লক্ষ্য করিয়া তবেই পূর্বোক্ত সিদ্ধান্তগুলিকে রাসায়নিক অর্থে সত্য বলিয়া গ্রহণ করা যায়। যদি ভবিষ্যতে এমন কোন বস্তু আবিষ্কৃত হয় যাহা বায়ুশূন্য স্থানে অক্সিজেন ছাড়াই দাহ্য, বা দহনের ফলে তাপ সৃষ্টির পরিবর্তে শৈত্যের সৃষ্টি করে, তবে পূর্বোক্ত সিদ্ধান্তগুলির সংশোধন বা পরিবর্জন ভবিষ্যতে অবশ্যই ঘটিবে। এই কারণে, রাসায়নিক তত্ত্বগুলি বা নিয়মগুলি নিত্য নয়। নূতনতর পরীক্ষা ও নূতনতর ফলাফল হইতে উহাদের নিয়তই পরিবর্তন ঘটে ও নূতন তত্ত্ব উপস্থাপিত হয়।

দাহ্যতার পূর্বোক্ত সিদ্ধান্তগুলিতে উপনীত হওয়ার পরও, রসায়নের ছাত্রের কাছে ইহার অনুসারী অন্য প্রশ্ন জাগিতে পারে। দাহ্যতা ও প্রকৃত দহনের সম্পর্ক কি ? ফসফোরাস দাহ্য বস্তু ; ইহা বায়ুতে রাখিয়া দিলে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া উঠে ও দহন ঘটে। অপরক্ষেত্রে, বায়ুতে রক্ষিত অন্য দাহ্য বস্তু, কাঠ, কয়লা, কেরোসিন ইত্যাদির স্বতঃস্ফূর্ত দহন ঘটে না কেন ? কয়লা খনির নীচে বা প্লাস্টিক কারখানা ইত্যাদিতে মাঝে মাঝে স্বতঃস্ফূর্ত আকস্মিক অগ্নিকাণ্ডের ঘটনা আমরা শুনিয়া থাকি। এগুলি ঘটে কিভাবে এবং কেন ?

পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, প্রতি বস্তুরই দহন ক্রিয়া আরম্ভের জন্য একটি প্রজ্বলন-উষ্ণতা (ignition temperature) প্রয়োজন। এই প্রজ্বলন উষ্ণতায় না পৌছাইলে বস্তুর দহন ঘটে না।

এই সিদ্ধান্তের ফলে, আমরা উপলব্ধি করি বাড়ীতে কয়লার উনান জ্বালাইতে পূর্বে কাঠ (বা ঘুঁটে) জাতীয় পদার্থ জ্বালাইয়া লওয়া প্রয়োজন হয় কেন? কাঠের প্রজ্বলন-উষ্ণতা কম, উহা সহজেই জ্বালান যায়—কাঠের দহনে যে তাপ উত্থিত হয়, উহার সংস্পর্শে কয়লার প্রজ্বলন-উষ্ণতা পৌছাইয়া যায় ও তখন উহা জ্বলিতে থাকে।

কয়লা, প্লাষ্টিক জাতীয় জৈব যৌগিকগুলির বায়ুর সংস্পর্শে অতি মৃদু (প্রায় নগণ্য) দহন-ক্রিয়া ঘটে। এগুলি তাপদায়ী বিক্রিয়া। বায়ু চলাচল করিলে বিক্রিয়া-উৎপন্ন নগণ্য তাপ বিকীরিত হইয়া যায় ও সমগ্র পদার্থটি প্রজ্বলন-উষ্ণতায় পৌছায় না। কিন্তু রুদ্ধ বায়ুতে, উৎপন্ন তাপ সঞ্চিত হইয়া এমন মাত্রায় পৌছাইতে পারে যেখানে সমগ্র কয়লা বা প্লাষ্টিক জাতীয় পদার্থ প্রজ্বলন-উষ্ণতায় পৌছায় এবং তখন স্বতঃস্ফূর্ত দহন ঘটিয়া থাকে। এই কারণেই কয়লাখনির নীচে বা প্লাষ্টিক কারখানা ইত্যাদিতে মাঝে মাঝে স্বতঃস্ফূর্ত অগ্নিকাণ্ড ঘটিয়া থাকে।

পরীক্ষাভিত্তিক বিজ্ঞানরূপে, রসায়নের সিদ্ধান্তগুলির অগ্রগতি ও বিকাশ মূলতঃ কয়েকটি স্তরের মধ্য দিয়া ঘটে। যথা—

- ঘটনার বা পরীক্ষার ফলাফল পর্যবেক্ষণ ;
- অনুরূপ ঘটনা ও বিভিন্ন শ্রেণীর ঘটনার সাদৃশ্য ও পার্থক্য নির্ণয় এবং শ্রেণী বিভাগ ;
- প্রতি শ্রেণীর ঘটনার লব্ধ ফলাফলের সুসম্বদ্ধ বিন্যাস ও বিশ্লেষণ ;
- ঘটনার বা পরীক্ষার ফলাফলের অন্তর্নিহিত সম্ভাব্য কারণ নির্ণয় ও তত্ত্বের প্রস্তাবনা ;
- প্রস্তাবিত তত্ত্ব, নানা পরীক্ষায় সত্য প্রমাণিত হইলে, অনুরূপ ঘটনায় কি ঘটিবে তত্ত্বের প্রয়োগে তাহার সঠিক পূর্বাভাস।

শুধু রসায়ন-বিজ্ঞান বলিয়া নয়, যে কোন পরীক্ষাভিত্তিক বিজ্ঞানে, পরীক্ষার সঠিক ভূমিকা কি এ প্রসঙ্গে লিওনার্দো দ্যা ভিঞ্চির একটি উক্তি স্মরণীয় ঃ

> "…যে বিজ্ঞানগুলি পরীক্ষার ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠিত নয়—সে বিজ্ঞানগুলিতে অসংখ্য ত্রুটি থাকে, সে বিজ্ঞানগুলি ব্যর্থ। একমাত্র পরীক্ষার কষ্টিপাথরেই বৈজ্ঞানিক সত্যের যাচাই হইয়া থাকে।"

পদার্থ ও শক্তি

অনুভূতির মাধ্যমে পরিপার্শ্বের সহিত আমরা পরিচিত হই। দৃষ্টিশক্তির মাধ্যমে আলো, শ্রবণশক্তির মাধ্যমে শব্দ, স্পর্শের মাধ্যমে উষ্ণতা এগুলি যেমন আমাদের অনুভূতিতে পরিচিত হইয়া উঠে, তেমনি অপ্রাণ বা সপ্রাণ বায়ু, জল, পাথর, উদ্ভিদ,

প্রাণী এগুলিও আমাদের অনুভূতি ও অভিজ্ঞতাগোচর হয়। বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভংগীতে অনুভূতির উৎসগুলিকে দুইটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়।

(1) **শক্তি** (Energy) ও (2) **পদার্থ** (Matter)।

শক্তিঃ যাহার দ্বারা কার্য সম্পন্ন করা যায়, তাহাকে বিজ্ঞানে **শক্তি** বলা হয়। শক্তি নানাবিধ। তাপ, বিদ্যুৎ, আলোক—এগুলি শক্তির নিত্য পরিচিত রূপ। পদার্থের সহিত শক্তির পার্থক্য :

- শক্তি পদার্থের ন্যায় কোন স্থান অধিকার করে না ;
- শক্তির নির্দিষ্ট আয়তন, আকৃতি, ওজন নাই ;
- শক্তি মাধ্যাকর্ষণের দ্বারা আকৃষ্ট হয় না ;
- শক্তি, শক্তির একরূপ হইতে অন্যরূপে রূপান্তরিত হয় (যেমন, তাপ হইতে বিদ্যুতে, আলোক হইতে তাপে, চুম্বক হইতে বিদ্যুতে ইত্যাদি) কিন্তু পদার্থে রূপান্তরিত হয় না।*
- যে-কোন কার্য সম্পন্ন করিতে গেলে, কোন না কোনরূপ শক্তির প্রয়োজন।

পদার্থঃ যাহা আয়তন অধিকার করে, মাধ্যাকর্ষণে আকৃষ্ট হয় এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, তাহাকে **পদার্থ** বলা হয়। শক্তি হইতে পদার্থের পার্থক্য :

- পদার্থ সর্বদাই নিজস্ব স্থান অধিকার করে ; সেই কারণে, একই কালে দুইটি পদার্থ যুগপৎ একই স্থান অধিকার করিতে পারে না।
- পদার্থের নির্দিষ্ট ওজন আছে।
- পদার্থের জাড্যতা (inertia) আছে।
- পদার্থ মাত্রেই মাধ্যাকর্ষণের অধীন।
- পদার্থের রাসায়নিক রূপান্তর ঘটিলে শক্তি শোষিত বা উদ্ভূত হয়। যেমন, দহনের ফলে কয়লা যখন কার্বন ডায়কসাইডে রূপান্তরিত হয়, তখন আলোক ও তাপশক্তি নির্গত হয়।

---

* পদার্থ ও শক্তি, ইহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক সম্বন্ধে পূর্বে ধারণা ছিল যে দুইটি পৃথক ও একটির অপরটিতে রূপান্তর সম্ভব নয়। অর্থাৎ, ধারণা ছিল পদার্থ হইতে পদার্থই উৎপন্ন হয় এবং শক্তি হইতেই শক্তি উৎপন্ন হয়। এই প্রচলিত ধারণার পরিবর্তন ঘটে, এই শতাব্দীতে, মহাবিজ্ঞানী আইনস্টাইনের উপস্থাপিত তত্ত্বে। পদার্থ ও শক্তির আন্তঃপরিবর্তন সম্ভব এবং তাহা গাণিতিক নিয়মে ধৃত। এই গাণিতিক সূত্রটিই বিখ্যাত আইনস্টাইনের সূত্র, $E=mc^2$

[E=শক্তির আর্গে (erg) পরিমাণ, m=ভরের গ্রামে (gram) পরিমাণ,

c=আলোকের গতিবেগ=3×10^{10} সে. মি./সেকেণ্ড (cm./sec.)]

এই সূত্রানুসারে পদার্থ সম্পূর্ণরূপে শক্তিতে পরিণত হইতে পারে। পরমাণু বোমা (atom bomb) বা 'পরমাণুশক্তি বিক্রিয়ক'গুলিতে (atomic energy reactors) পদার্থের কিছু পরমাণুর ভর এইভাবে সম্পূর্ণরূপে শক্তিতে রূপান্তরিত হইলে বিপুল শক্তি উৎপন্ন করে। আবার বিপুল পরিমাণ শক্তিও সংহত হইয়া পদার্থে রূপান্তরিত হওয়া সম্ভব। এই শেষের প্রক্রিয়াটি অবশ্য এখনো মানুষের করায়ত্ত নয়। কেবলমাত্র মহাশূন্যেই এইভাবে হয়তো শক্তি পদার্থে রূপান্তরিত হইয়া বিশ্বজগতের পদার্থ সৃষ্টি করে।

পদার্থের ধর্ম, অবস্থা ও শ্রেণীবিভাগ

পদার্থের ধর্ম : পদার্থমাত্রেরই নিজস্ব কতকগুলি সাধারণ ধর্ম থাকে। এই ধর্মকে দুই ভাগে ভাগ করা যায় ; যথা—(1) **বাহ্যিক বা বহিরংগ ধর্ম** (Extensive properties) ; (2) **অন্তর্নিহিত বা অন্তরংগ ধর্ম** (Intensive properties)। সোনার তার, চাকৃতি বা দণ্ডের আলাদা আলাদাভাবে কতকগুলি ধর্ম বর্ণনা করা যায়। এইগুলি, পৃথক পৃথক সোনার বস্তুর আকৃতি অনুযায়ী সোনার বহিরংগ ধর্ম। কিন্তু সোনার বস্তুর আকৃতি নির্বিশেষে, প্রত্যেকটিতেই সোনার কতকগুলি নিজস্ব ধর্ম আছে, যেমন উহার পীতবর্ণ, একটি নির্দিষ্ট গলনাংক ইত্যাদি ; এইগুলি সোনার অন্তরংগ ধর্ম। রসায়নে, প্রতিটি পৃথক পদার্থের অন্তরংগ ধর্মের অনুশীলন গুরুত্বপূর্ণ। বৈশিষ্ট্য-বাচক অন্তরংগ ধর্মের সাহায্যেই এক পদার্থকে অপর পদার্থ হইতে চিহ্নিত করা যায়। বৈশিষ্ট্যবাচক ধর্মগুলি হইতে পদার্থের প্রযুক্তিও নির্ধারিত হয়।

পদার্থের যে সকল ধর্ম উহার উপাদান বা সংগঠন অবিকৃত রাখিয়া অনুশীলন করা যায় সেই ধর্মগুলিকে, যেমন বর্ণ, গন্ধ, অবস্থা (physical state), পরিবাহিতা (conductivity) ইত্যাদিকে পদার্থের **ভৌত ধর্ম** (physical properties) বলা হয়। পদার্থের যে সকল ধর্মের অনুশীলনকালে উহার রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে এবং যে ধর্মগুলি পদার্থের সংগঠন ও উপাদানের উপর নির্ভর করে, ঐগুলিকে পদার্থের **রাসায়নিক ধর্ম** (chemical properties) বলা হয়। যেমন, পদার্থটির দহন, অন্য বস্তুর সহিত বিক্রিয়া ইত্যাদি।

অবস্থা অনুসারে পদার্থের শ্রেণীবিভাগ : পদার্থ মাত্রেই তিনটি অবস্থায় অবস্থান করিতে পারে—(1) **কঠিন**, (2) **তরল**, (3) **গ্যাসীয়**। এই তিনটি অবস্থা, পদার্থের উপাদানের সংহতির (rigidity) মাত্রাভেদে উৎপন্ন হয়।

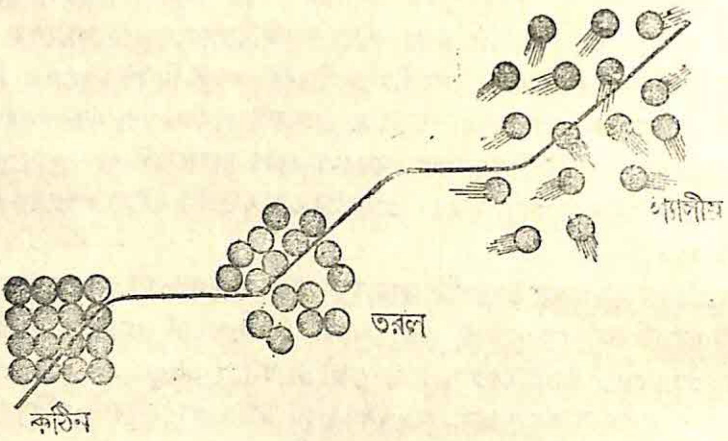
কঠিন অবস্থায় পদার্থের মধ্যে গঠনকারী অণু (molecule) ও পরমাণু (atom) সর্বাধিক সংহত থাকে এবং পরস্পরের আকর্ষণে নিকট ও দৃঢ় সংবদ্ধ থাকে। এজন্য কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন দুই-ই বর্তমান থাকে।

তরল অবস্থায় পদার্থের মধ্যে গঠনকারী অণু ও পরমাণুগুলির সংহতি কিছু শিথিল বলিয়া, পরস্পরের মধ্যে আকর্ষণ কিছু দুর্বলতর হয়। ফলে, তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকার থাকে না (আধারের আকার গ্রহণ করে), কিন্তু নির্দিষ্ট আয়তন থাকে।

গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের মধ্যে গঠনকারী অণু-পরমাণুগুলির সংহতি তরল-পদার্থ অপেক্ষাও শিথিল বলিয়া, পারস্পরিক আকর্ষণ দুর্বলতম। ফলে অণু-পরমাণুগুলি, এই অবস্থায়, পরস্পর হইতে সহজেই দূরবিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। এজন্য গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট আকারও নাই, নির্দিষ্ট আয়তনও নাই। কেবলমাত্র বদ্ধ পাত্রে রাখিলে তবেই কোন গ্যাসের আকার (পাত্রের আকার) বা আয়তন (পাত্রের আয়তন) পাওয়া যায়।

পদার্থের এই অবস্থা তিনটি পরস্পরের সহিত সম্বন্ধযুক্ত এবং সাধারণভাবে তাপ বৃদ্ধির সহিত পদার্থ কঠিন হইতে তরল, তরল হইতে গ্যাসীয় এবং তাপ হ্রাসের সহিত

$$\text{কঠিন} \underset{-\text{ তাপ}}{\overset{+\text{ তাপ}}{\rightleftharpoons}} \text{তরল} \underset{-\text{ তাপ}}{\overset{+\text{ তাপ}}{\rightleftharpoons}} \text{গ্যাসীয়}$$



চিত্র নং 1·1

পদার্থের গ্যাসীয় হইতে তরল এবং তরল হইতে কঠিন অবস্থান্তর ঘটে। (চিত্র নং 1·1)

কঠিন পদার্থ যে উষ্ণতায় তরলে পরিণত হয় ঐ উষ্ণতাকে কঠিনের **গলনাংক** (melting point) এবং তরল যে উষ্ণতায় গ্যাসীয় পদার্থরূপে পরিণত হয়, ঐ উষ্ণতাকে তরলের **স্ফুটনাংক** (boiling point) বলা হয়। বিপরীতক্রমে, গ্যাসীয় পদার্থ যে উষ্ণতায় তরল হয় উহাকে গ্যাসীয় পদার্থের **তরলীভবন উষ্ণতা** (liquifaction temperature) এবং তরল পদার্থ যে উষ্ণতায় কঠিন হয় ঐ উষ্ণতাকে **তরলের হিমাংক** (freezing point) বলা হয়। বস্তুতঃ অনুরূপ চাপে গলনাংক≃হিমাংক এবং স্ফুটনাংক≃তরলীভবন উষ্ণতা। গলনাংক ও স্ফুটনাংক পারিপার্শ্বিক বায়ুচাপের উপর নির্ভরশীল। নির্দিষ্ট বায়ুচাপে, নির্দিষ্ট রাসায়নিক সংযুতিযুক্ত প্রতিটি বিশুদ্ধ পদার্থের গলনাংক ও স্ফুটনাংক নিত্য (constant) এবং বিশিষ্ট পদার্থ সনাক্তকরণে এই গলনাংক ও স্ফুটনাংকগুলি বিশেষ সহায়ক। **কেলাসিত** (crystalline) বিশুদ্ধ মৌল ও যৌগ পদার্থের গলনাংক, নির্দিষ্ট বায়ুচাপে নিত্য হইলেও, **অকেলাসিত** (noncrystalline) পদার্থ সমূহের (যেমন—মাখন, চর্বি, মোম, কাচ প্রভৃতির), বা যে সকল পদার্থের তরল হইতে কঠিনে পরিণত হইবার সময় **সান্দ্রতার** (viscosity) মধ্য দিয়া পরিবর্তন ঘটে—উহাদের, গলনাংক নিত্য নয়। সাধারণভাবে, 'কঠিন পদার্থসমূহের মিশ্রণ'গুলিরও স্থির গলনাংক নাই।

বিশুদ্ধ পদার্থের গলনাংক পারিপার্শ্বিক চাপের উপর নির্ভরশীল। যে সকল পদার্থের গলনের ফলে আয়তন হ্রাস পায় (যেমন, বরফ) উহাদের ক্ষেত্রে চাপবৃদ্ধিতে গলনাংকের হ্রাস ঘটে। যে সকল পদার্থের গলনের ফলে আয়তন বৃদ্ধি ঘটে (যেমন, মোম) উহাদের ক্ষেত্রে চাপবৃদ্ধিতে গলনাংকের বৃদ্ধি ঘটে।

তরল পদার্থের স্ফুটনাংক সর্বদাই পারিপার্শ্বিক চাপের উপর নির্ভরশীল এবং সাধারণ নিয়মে সকল তরল পদার্থের ক্ষেত্রেই চাপের বৃদ্ধি ও হ্রাসের উপর স্ফুটনাংকেরও যথাক্রমে বৃদ্ধি ও হ্রাস ঘটে। তরল পদার্থে কোন দ্রাব্য পদার্থ মিশ্রিত থাকিলে, দ্রাব্য পদার্থটির প্রকৃতি ও পরিমাণ অনুসারে তরলটির **স্ফুটনাংক বৃদ্ধি** (elevation of boiling point) ও **হিমাংক হ্রাস** (depression of freezing point) পায়। কোন কোন তরল পদার্থ বিশেষ সর্তসাপেক্ষে হিমাংক পার হইয়া গেলেও কঠিন হয় না ; এই ঘটনাটিকে **অতি শীতলন** (supercooling) বলা হয়। কাচ একটি অতিশীতলিত তরল পদার্থ (supercooled liquid)। আবার কখনো কখনো তরলকে বর্ধিত বায়ুচাপে স্ফুটনাংকের উর্ধ্বেও উত্তপ্ত করা যায়, এই ঘটনাটিকে **'অতিতাপন'** (super-heating) বলা হয়। সালফার নিষ্কাষণে 180°C তাপে (10—18 বায়ুচাপ) 'অতিতপ্ত' জল ব্যবহৃত হয়।

পদার্থের শ্রেণীবিভাগ—সমসত্ব ও অসমসত্ব পদার্থঃ সকল পদার্থকেই সাধারণভাবে দুইটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায় : (i) **সমসত্ব** (homogeneous) পদার্থ ও (2) **অসমসত্ব** (heterogeneous) পদার্থ।

পদার্থের যে কোন অংশের উপাদান ও ধর্ম যখন অপর অংশের উপাদান ও ধর্মের সহিত অভিন্ন হয় তখন ঐ পদার্থকে **সমসত্ব পদার্থ** বলা হয়। বিশুদ্ধ অবস্থায়, সকল মৌল ও যৌগই—সমসত্ব। কিন্তু সমসত্ব পদার্থ মাত্রই বিশুদ্ধ মৌল বা যৌগ না হইতেও পারে ; দ্রবণ, দুইটি পদার্থের (দ্রাব ও দ্রাবকের) মিশ্রণ হইলেও, উহা সমসত্ব হয়। সমসত্ব পদার্থে একটি মাত্র দশা (phose) বর্তমান থাকে।

পদার্থের এক অংশের উপাদান ও ধর্ম যখন অপর অংশের উপাদান ও ধর্ম হইতে পৃথক হয়, তখন পদার্থকে **অসমসত্ব পদার্থ** বলা হয়। চিনি ও বালির মিশ্রণ প্রস্তুত করিয়া অণুবীক্ষণে দেখিলে কোন অংশে চিনির সামান্য আধিক্য এবং কোন অংশে বালির সামান্য আধিক্য দেখা যায় ; অর্থাৎ, মিশ্রণটি অসমসত্ব। অনুরূপভাবে, বালি ও জলের মিশ্রণ—অসমসত্ব। অসমসত্ব পদার্থে একাধিক দশা (phase) বর্তমান থাকে।

পদার্থের শ্রেণীবিভাগ—মৌল ও যৌগঃ পদার্থের শ্রেণীবিভাগে, রাসায়নিক বিচারে আরও একভাবে উহাদের শ্রেণীবিভাগ করা যায় : (1) **মৌল** (Element) এবং (2) **যৌগ** (Compound)।

কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থায় বহু পদার্থের সহিত আমরা পরিচিত। এই পদার্থগুলিকে যথাযথ রাসায়নিক বিশ্লেষণ করিলে একটি ঘটনা লক্ষ্য করা যায়। দেখা যায়, কিছু পদার্থ রাসায়নিক বিশ্লেষণে লঘুতর ওজনের একাধিক সরলতর পদার্থে

পরিণত হয়, অর্থাৎ আদি পদার্থটির গঠন ছিল জটিল এবং উহা হইতে বিশ্লিষ্ট পদার্থগুলির গঠন অপেক্ষাকৃত সরল। আবার কিছু পদার্থ আছে যাহাদের বিশ্লেষণে সরল গঠনযুক্ত কোন পদার্থই বিশ্লিষ্ট হয় না।

যে পদার্থকে রাসায়নিক বিশ্লেষণে কোন সরলতর উপাদান পদার্থে বিশ্লিষ্ট করা যায় না, রসায়নে তাহাকে মৌল (element) বলা হয়।*

উদাহরণ : হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, মার্কারি, সোডিয়াম, ইউরেনিয়ম ইত্যাদি। অবশ্য এমন চিন্তা করা যায় যে রাসায়নিক বিশ্লেষণের প্রচলিত পদ্ধতির ক্ষমতা সীমাবদ্ধ বলিয়া মৌল পদার্থকে সরলতর উপাদানে বিশ্লেষণ করা যাইতেছে না। যদি এমন হয় এবং ভবিষ্যতে নূতন পদ্ধতির বিশ্লেষণে তাহা সম্ভব হয় তবে আজ যাহাকে মৌল বলা হইতেছে, তাহাকে সংজ্ঞানুসারে ভবিষ্যতে আর মৌল বলা যাইবে না।

যে পদার্থ সমসত্ত্ব ও নির্দিষ্ট ধর্মসম্পন্ন অথচ যাহাকে বিশ্লেষণে সরল হইতে সরলতর করিয়া শেষপর্যন্ত একাধিক মৌল পদার্থ পাওয়া যায়, রাসায়নিক সংজ্ঞানুসারে তাহাকে যৌগ (compound) বলা হয়।

উদাহরণ : অ্যাসিড, ক্ষারক, লবণ, জল, তুঁতে, চিনি ইত্যাদি।

নির্দিষ্ট অনুপাতে একাধিক মৌলের রাসায়নিকভাবে সম্মিলিত রূপই যৌগ। উদাহরণস্বরূপ, জলের কথা ধরা যাক। জল যে অবস্থায়ই থাকুক (বরফ, জল, স্টীম) উহা বিশ্লেষণ করিলে দুইটি গ্যাসীয় পদার্থে (হাইড্রোজেন 11·19% এবং অক্সিজেন 88·81%) বিশ্লিষ্ট হয়। এই উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ দুইটি আলাদা আলাদাভাবে লইয়া নানাভাবে বিশ্লেষণ করিলেও উহারা অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ সংজ্ঞানুসারে, জল একটি যৌগ পদার্থ এবং হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌল পদার্থ।

পৃথিবীতে 92টি স্থায়ী মৌল পদার্থের সন্ধান পাওয়া যায়। ইহার মধ্যে দুইটি মৌল অতি অস্থায়ী এবং সাধারণভাবে অপ্রাপ্য। ইহা ছাড়া সাম্প্রতিককালে কতকগুলি অস্থায়ী মৌল কৃত্রিম উপায়ে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। সর্বসমেত পৃথিবীতে পরিজ্ঞাত মৌলের সংখ্যা এখন 105টি।

90টি পার্থিব স্থায়ী মৌলের, দুই বা ততোধিকের মধ্যে নির্দিষ্ট আনুপাতিক সংযোগে যৌগগুলির উৎপত্তি ঘটে। পৃথিবীর অধিকাংশ পদার্থই যৌগ। রাসায়নিক অর্থে, পরিজ্ঞাত সংযুতির যৌগের সংখ্যা পাঁচ লক্ষাধিক। মৌলযোগে যৌগ গঠিত হইলেও, **যৌগের ধর্ম, মৌলগুলির ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক হইয়া থাকে।**

মৌলের শ্রেণীবিভাগ—ধাতু, অধাতু ও ধাতুকল্প :

92টি স্থায়ী মৌল পদার্থকে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের বিচারে মূলতঃ তিনটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয় (1) **ধাতু** (metal) ও (2) **অধাতু** (non-metal) (3) **ধাতুকল্প** (metalloid)

যে মৌলগুলির পরমাণু ইলেকট্রন মোচন করার ধর্মযুক্ত, স্বাভাবিক অবস্থায় যাহারা

* মৌলের এই সংজ্ঞাটি প্রথম প্রস্তাব করেন **রবার্ট বয়েল** (1627—1691)।

কঠিন* উজ্জ্বল ঘাতসহ, পাত ও তার রূপে যাহাদের আকার দেওয়া যায় এবং যাহাদের অক্সাইড যৌগ ক্ষারীয় ধর্মসম্পন্ন—উহাদের **ধাতু** বলা হয়। উদাহরণ—সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, আয়রন, ক্রোমিয়াম ইত্যাদি।

যে মৌলগুলির পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করার ধর্মযুক্ত, স্বাভাবিক অবস্থায় যাহারা কঠিন বা গ্যাসীয়†, যেগুলিকে পাত বা তার রূপে আকৃতি দেওয়া যায় না, এবং যাহাদের অক্সাইড যৌগ, প্রশম বা অম্লীয় ধর্মসম্পন্ন—উহাদের **অধাতু**‡ বলা হয়। উদাহরণ—হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, সালফার, বোরন, সিলিকন ইত্যাদি।

যে মৌলগুলির মধ্যে আংশিকভাবে ধাতুর ও আংশিকভাবে অধাতুর বৈশিষ্ট্য দেখা যায়, উহাদের **ধাতুকল্প** বলা হয়। উদাহরণ—আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি।

পদার্থের শ্রেণী বিভাগ—যৌগ ও মিশ্র পদার্থ :

পৃথক ধর্ম সম্পন্ন দুই বা ততোধিক মৌল পদার্থের নির্দিষ্ট অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়া যে নূতন ধর্মযুক্ত পদার্থ উৎপন্ন হয়, উহাকে যৌগ পদার্থ (compound) বলা হয়।

● এক, দুই বা ততোধিক যৌগ পদার্থও রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে নূতন যৌগ পদার্থ উৎপন্ন করিতে পারে।

● যৌগ পদার্থ বিশ্লেষণ করিয়া, সর্বদাই বিভিন্ন ধর্মযুক্ত মৌল পদার্থ পাওয়া যায়।

● যৌগ পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব (homogeneous) হয়।

উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেন একটি লঘুভার দাহ্য গ্যাস এবং অক্সিজেন একটি অপেক্ষাকৃত গুরুভার, দহনের সহায়ক গ্যাস। নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন (1 গ্রাম : 8 গ্রাম) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সম্মিলিত হইয়া মোট 9 গ্রাম জল উৎপন্ন করে। জল একটি তরল পদার্থ এবং উহা দাহ্যও নহে, দহনেরও সহায়ক নয়। অর্থাৎ, জলের ধর্ম, উৎপাদক হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। সুতরাং, জল একটি যৌগ পদার্থ।

ক্যালসিয়াম একটি সাদা, কঠিন, সক্রিয় ধাতু, কার্বন একটি সাধারণভাবে নিষ্ক্রিয়, কালো, অধাতু এবং অক্সিজেন একটি বর্ণহীন, দহনের সহায়ক গ্যাস। এই তিনটি মৌলের নির্দিষ্ট অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগে (Ca : C : O : : 40 গ্রাম : 12 গ্রাম : 48 গ্রাম) ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম কার্বনেট একটি সাদা অদ্রাব্য পদার্থ। উৎপাদক মৌলগুলির কোনটিরই ধর্মের সহিত, ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ধর্মের সাদৃশ্য নাই। ক্যালসিয়াম কার্বনেট, একটি যৌগ পদার্থ।

অ্যামোনিয়া একটি ক্ষারধর্মী গ্যাসীয় যৌগ ; হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসও একটি যৌগ। ইহাদের মধ্যে নির্দিষ্ট ওজন অনুপাতে (17 গ্রাম : 36·5 গ্রাম) রাসায়নিক

* মার্কারী বা পারদ ধাতু হইলেও তরল।

† ব্রোমিন তরল অধাতু।

‡ নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি (inert gases) অধাতু, কিন্তু পূর্বোক্ত সংজ্ঞার অধিকাংশ সর্তই অনুসরণ করে না।

সংযোগ ঘটিয়া, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড নামক সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী একটি কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, একটি যৌগ পদার্থ। এই যৌগের বিশ্লেষণে, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন—তিনটি ভিন্নধর্মী গ্যাসীয় মৌল পাওয়া যায়।

রাসায়নিক বিক্রিয়া না ঘটিয়া—দুই বা ততোধিক মৌল পদার্থ ও মৌল পদার্থ, কিংবা মৌল পদার্থ ও যৌগ পদার্থ, অথবা যৌগ পদার্থ ও যৌগ পদার্থ মিশ্রিত হইয়া, যে সম্মিলিত পদার্থ উৎপন্ন করে, উহাকে মিশ্র পদার্থ (mixture) বলা হয়।

- মিশ্র পদার্থে মিশ্রিত পদার্থগুলির অনুপাত সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে না।
- মিশ্র পদার্থ সমসত্ব বা অসমসত্ব হইয়া থাকে।
- মিশ্র পদার্থে মিশ্রিত হইবার পর উপাদানগুলির প্রতিটির রাসায়নিক ধর্ম এবং অণু অপরিবর্তিত থাকে।
- মিশ্র পদার্থে, মিশ্রিত উপাদানগুলি সহজে পৃথক করা যায়।

উদাহরণস্বরূপ, বায়ু—নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্র পদার্থ। পৃথকভাবে অক্সিজেনের ও নাইট্রোজেনের মধ্যে যে যে ধর্ম দেখা যায়, বায়ুর মধ্যে বর্তমান থাকিয়া, উহারা একই ধর্ম দেখায়। অতএব বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ।

লোহাচুর ও গন্ধক মিশ্রিত করিবার পর দেখা যায়, মিশ্র পদার্থটিতে চুম্বক ধরিলে লোহার কণা আকৃষ্ট হইয়া আসে, অর্থাৎ মিশ্রণের পূর্বে লোহার কণার যে ধর্ম ছিল, মিশ্র পদার্থের মধ্যেও লোহার সেই ধর্ম অপরিবর্তিত আছে। আবার মিশ্র পদার্থটিতে, কার্বন ডাইসাল্‌ফাইড দ্রাবক যোগ করিলে দেখা যায় মিশ্র পদার্থটির গন্ধক অংশ দ্রবীভূত হয়; অর্থাৎ অমিশ্রিত গন্ধকের কার্বন ডাইসালফাইডে দ্রাব্য হইবার যে ধর্ম, মিশ্র পদার্থেও সেই ধর্মই বজায় আছে। সুতরাং, লোহাচুর ও গন্ধকের সম্মিলিত রূপ একটি মিশ্র পদার্থ মাত্র।

মিশ্র পদার্থকে সমসত্ব ও অসমসত্ব অনুসারে নানাভাবে শ্রেণীভাগ করা যায়—

সমসত্ব মিশ্র ঃ

(i) কঠিন + কঠিন—উদাহরণ, ধাতুসংকর পিতল (কপার + জিংক)
(ii) কঠিন + তরল—উদাহরণ, চিনির জলীয় দ্রবণ
(iii) তরল + তরল—উদাহরণ, অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণ
(iv) তরল + গ্যাস—উদাহরণ, সোডাওয়াটার
(v) গ্যাস + গ্যাস—উদাহরণ, বায়ু।

অসমসত্ব মিশ্র ঃ (দ্বিতীয় খণ্ড ঃ কোলয়েড প্রসংগ দ্রষ্টব্য)

(i) গ্যাস + তরল—উদাহরণ, সাবানের ফেনা
(ii) তরল + তরল—উদাহরণ, দুধ
(iii) তরল + গ্যাস—উদাহরণ, মেঘ
(iv) কঠিন + গ্যাস—উদাহরণ, ধোঁয়া
(v) কঠিন + তরল—উদাহরণ, কাদাজল

যৌগ ও মিশ্র পদার্থের পার্থক্য

যৌগ পদার্থ	মিশ্র পদার্থ
1. যৌগ পদার্থ উৎপাদনে সর্বদাই উপাদানগুলির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সম্মিলনে, নাইট্রিক অক্সাইড যৌগ উৎপন্ন হয়।	1. মিশ্র পদার্থ উৎপাদনে উপাদানগুলির মধ্যে কখনই রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না। বায়ু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সাধারণ মিশ্র। ইহার মধ্যে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে নাই।
2. যৌগ পদার্থ উৎপাদনে, সর্বদাই তাপের উদ্ভব বা শোষণ ঘটে। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন রাসায়নিক সম্মিলনে, জল উৎপন্ন করার সহিত প্রচুর তাপ উদ্ভব করে। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন রাসায়নিক সম্মিলনে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদন কালে, তাপ শোষিত হয়।	2. মিশ্র পদার্থ উৎপাদনে তাপের উদ্ভব বা শোষণ আবশ্যিক নয়। কিছু কিছু ক্ষেত্রে, যেমন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতকালে তাপের উদ্ভব হয় ; অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত কালে, তাপ শোষিত হয়।
3. যৌগ পদার্থ উৎপাদনে, উপাদানগুলির মধ্যে ওজনের একটি নির্দিষ্ট অনুপাত থাকে। আয়রন ও সালফারের যৌগ—আয়রন সালফাইড উৎপন্ন হইবার কালে, আয়রন ও সালফারের ওজনের একটি নির্দিষ্ট অনুপাত (55·84 : 32) সর্বদাই বর্তমান থাকে।	3. মিশ্র পদার্থ উৎপাদনে উপাদানগুলির মধ্যে ওজনের যে কোন অনুপাত থাকিতে পারে। 'আয়রন ও সালফারের মিশ্র'—যে কোনো ওজনের আয়রন চূর্ণ ও সালফার চূর্ণের মিশ্রণ উৎপন্ন হইতে পারে।
4. যৌগ পদার্থ সৃষ্টির কালে, সর্বদাই নূতন অণু সৃষ্টি হয়। আয়রন ও সালফারের যৌগ উৎপাদন কালে নূতন আয়রন সালফাইডের অণু সৃষ্টি হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ—জল, উৎপাদন কালে, জলের নূতন অণু সৃষ্টি হয়।	4. মিশ্র পদার্থে, উপাদানগুলির অণু বা পরমাণুগুলিই বর্তমান থাকে ; নূতন অণু সৃষ্ট হয় না। চিনি ও জলের দ্রবণে চিনির অণু ও জলের অণু পাশাপাশি থাকে, কোন নূতন অণু সৃষ্ট হয় না। আয়রন ও সালফারের মিশ্র পদার্থে আয়রনের পরমাণু ও সালফারের পরমাণুই থাকে, নূতন অণু সৃষ্ট হয় না।
5. যৌগ পদার্থের ধর্ম, উৎপাদক উপাদানগুলির ধর্ম হইতে পৃথক হয়। আয়রন সালফাইড যৌগের ধর্ম, উপাদান সালফার ও আয়রনের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। ইহা চুম্বকেও আকৃষ্ট হয় না, বা কার্বন ডাই-সালফাইডেও দ্রবীভূত হয় না।	5. মিশ্র পদার্থের ধর্মে, উৎপাদক উপাদানগুলির ধর্ম বজায় থাকে। আয়রন ও সালফারের মিশ্রে, মিশ্রিত হইবার পরও আয়রন অংশ চুম্বকে আকৃষ্ট হয় এবং সালফার অংশ, কার্বন ডাইসালফাইডে দ্রবীভূত হয়। চিনির জলীয় দ্রবণে, চিনির মিষ্টতা এবং জলের সকল ধর্মই বজায় থাকে।

যৌগ পদার্থ	মিশ্র পদার্থ
6. যৌগ পদার্থের উপাদানগুলি, সহজে পৃথক করা যায় না। সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি যৌগ। বাষ্পীভবন, কেলাসন প্রভৃতি সাধারণ রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় ইহার উপাদানগুলিকে পৃথক করা যায় না। গলিত অবস্থায় ইহাতে তীব্র তড়িৎ চালনা করিলে, তবেই উপাদানগুলি, সোডিয়াম ও ক্লোরিন পৃথক করা যায়।	**6. মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি সহজেই পৃথক করা যায়।** আয়রন ও সালফারের মিশ্রে, চুম্বক প্রয়োগ করিলে—আয়রন অংশ সহজেই আলাদা হইয়া যায়। চিনির জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভবন করিলে, জল বাষ্পীভূত হইয়া যায়, এবং অবশিষ্টরূপে অবিকৃত চিনি পড়িয়া থাকে।
7. যৌগ পদার্থের সর্বদাই একটি নির্দিষ্ট গলনাংক ও স্ফুটনাংক থাকে। জল যৌগ পদার্থ; সাধারণ বায়ুচাপে ইহার স্ফুটনাংক সর্বদাই 100°C এবং হিমাংক সর্বদাই 0°C।	**7. মিশ্র পদার্থের নির্দিষ্ট গলনাংক বা স্ফুটনাংক থাকে না।*** বায়ু মিশ্র পদার্থ; তরল বায়ুর নাইট্রোজেন অংশের স্ফুটনাংক —195·7° C এবং অক্সিজেন অংশের স্ফুটনাংক —183° C।
8. যৌগ পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব প্রকৃতির। যৌগ জলের যে কোন অংশের সংযুতি ও ধর্ম; অপর অংশের সংযুতি ও ধর্মের সহিত অভিন্ন।	**8. মিশ্র পদার্থ, উপাদানগুলির প্রকৃতিভেদে সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব উভয়ই হয়।** মিশ্র পদার্থরূপে, জল ও বালির মিশ্র অসমসত্ত্ব মিশ্রণের উপরাংশে জলের আধিক্য ও নিম্নাংশে বালির আধিক্য থাকে। চিনির জলীয় দ্রবণ সমসত্ত্ব, ইহার যে কোন অংশের স্বাদ এবং চিনি ও জলের অনুপাত যে কোন অপরাংশের সহিত অভিন্ন।

দ্রবণ একটি মিশ্র পদার্থ

জলে দ্রাব্য পদার্থ, জলের সহিত মিশ্রিত হইয়া যে মিশ্র উৎপন্ন করে, উহাকে পদার্থের জলীয় দ্রবণ বলা হয়।

জলীয় দ্রবণে যৌগ পদার্থ সৃষ্টির অনুরূপ কিছু কিছু সাদৃশ্য, আবার মিশ্র পদার্থ সৃষ্টিরও কিছু কিছু সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়।

যৌগ পদার্থের দ্রবণের সহিত সাদৃশ্য—

- যৌগ পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব; জলীয় দ্রবণও সর্বদাই সমসত্ত্ব।

লবণের দ্রবণের প্রতি বিন্দুই লবণাক্ত স্বাদের, ও প্রতি বিন্দুর সহিত অপর বিন্দুর ধর্ম অভিন্ন।

- যৌগ পদার্থ সর্বদাই উৎপাদনকালে তাপশোষণ বা তাপ মোচন করে।

* কিছু বিশেষ প্রকৃতির মিশ্র, যেমন ধাতুর ক্ষেত্রে ইউটেক্‌টিক্ (eutectic) এবং তরল পদার্থের ক্ষেত্রে 'নিত্য স্ফুটনাংক মিশ্র', (azeotropic mixture)—ব্যতিক্রম।

কিছু দ্রাব্য পদার্থ, যেমন কষ্টিক সোডা, সালফিউরিক অ্যাসিড জলের সহিত দ্রবণকালে তাপমোচন করে, অর্থাৎ উত্তপ্ত হইয়া উঠে। আবার কিছু কিছু দ্রাব্য পদার্থ—যেমন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণকালে শীতল হয়, অর্থাৎ তাপ শোষণ করে।

● যৌগ পদার্থে উপাদানগুলির ধর্ম হইতে সর্বদাই যৌগের পৃথক ধর্ম লক্ষ্য করা যায়।

কোন কোন দ্রাব্য পদার্থের দ্রবণকালেও কিছু কিছু আপাত নূতন ধর্ম লক্ষ্য করা যায়। অনার্দ্র কোবাল্ট ক্লোরাইড নীল। জল বর্ণহীন। উভয়ের মিশ্রণে, কোবাল্ট ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ, গোলাপী বর্ণ ধারণ করে।

● যৌগ পদার্থে, উপাদানগুলির অনুপাত নির্দিষ্ট থাকে।

রাসায়নিক যৌগ গঠনকালে নির্দিষ্ট অনুপাতের অধিক পরিমাণ কোন উপাদান থাকিলে উহা যৌগ উৎপাদন শেষে অতিরিক্ত পড়িয়া থাকে।

নির্দিষ্ট উষ্ণতার সম্পৃক্ত দ্রবণেও উপাদানগুলির অনুপাত নির্দিষ্ট থাকে ; ঐ অনুপাতের অতিরিক্ত দ্রাব বর্তমান থাকিলে উহা অতিরিক্তরূপে পড়িয়া থাকে। চিনির সম্পৃক্ত দ্রবণে, চিনি ও জলের অনুপাত নির্দিষ্ট। এই নির্দিষ্ট অনুপাতের অতিরিক্ত চিনি দ্রবণে যোগ করিলে, উহা দ্রাব্য হয় না অতিরিক্ত পড়িয়া থাকে।

যৌগ পদার্থের স্ফুটনাংক বা হিমাংক নির্দিষ্ট। সম্পৃক্ত দ্রবণেরও স্ফুটনাংক ও হিমাংক নির্দিষ্ট।

মিশ্র পদার্থের সহিত দ্রবণের সাদৃশ্য—

● মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলির ধর্ম বজায় থাকে।

দ্রবণেও, উপাদানগুলির ধর্ম বজায় থাকে। কঠিন লবণের স্বাদ আর জলীয় দ্রবণে লবণের স্বাদ একই।

● মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলি সহজেই পৃথক করা যায়।

দ্রবণ হইতেও দ্রাব্য পদার্থকে—কেলাসন, বাষ্পীভবন প্রভৃতির সাহায্যে সহজেই পৃথক করা যায়।

● মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলির মাত্রার হ্রাসবৃদ্ধি করা সম্ভব।

অসম্পৃক্ত দ্রবণগুলিতেও, দ্রাব্য পদার্থ ও জলের অনুপাত নানামাত্রায় পরিবর্তিত করা সম্ভব।

● মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলির তারতম্য ভেদে গলনাংক ও স্ফুটনাংকের তারতম্য হয় ; অসংপৃক্ত দ্রবণের ক্ষেত্রেও, দ্রাব ও দ্রাবকের মাত্রাভেদে গলনাংক ও স্ফুটনাংকের তারতম্য ঘটে।

জলীয় **দ্রবণকে মিশ্র পদার্থরূপে গণ্য করার নিষ্পত্তিমূলক যুক্তি** এই যে, যৌগ পদার্থের সহিত সাদৃশ্য থাকিলেও দ্রবণকালে দ্রাব পদার্থ ও দ্রবণের **অণু অপরিবর্তিত থাকে** ; অতএব—দ্রবণ একটি মিশ্র পদার্থ।

অনুশীলনী

1. 'প্রকৃতি বিজ্ঞান' কি? উহার মূল শাখাগুলির সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও।

2. 'রসায়ন বিজ্ঞানে'র সংজ্ঞা লিখ। রসায়নের মূল শাখাগুলি কি কি?

3. 'রসায়ন বিজ্ঞান একটি পরীক্ষাভিত্তিক বিজ্ঞান'—এই উক্তিটির উপর একটি সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

4. কোন বস্তুর দহনের সর্ত কি? 'প্রজ্বলন উষ্ণতা' কাহাকে বলে? কয়লাখনিতে স্বতঃস্ফূর্ত অগ্নিকাণ্ড ঘটে কেন? এইরূপ অগ্নিকাণ্ড প্রতিরোধের সম্ভাব্য উপায় নির্দেশ কর।

5. একটি মোমবাতি দহনের পরীক্ষা হইতে—কি কি সিদ্ধান্ত করা যায়?

6. একটি রাসায়নিক তত্ত্ব কিরূপে পরীক্ষাকে ভিত্তি করিয়া প্রতিষ্ঠিত হয়?

7. পদার্থ ও শক্তির পার্থক্য কি? পদার্থ ও শক্তির আন্তর্পরিবর্তন কি উভয়তই ঘটে?

8. পদার্থের অবস্থা বলিতে কি বুঝায়? পদার্থের অবস্থাগুলির সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর। 'কঠিন পদার্থ উত্তাপে তরল হয়: কিন্তু দুধ উত্তপ্ত করিলে কঠিন ক্ষীরে পরিণত হয়'। এই পর্যবেক্ষণ হইতে কি একথা বলা যায় যে 'কঠিন পদার্থ উত্তাপে তরল হয়'—এই সূত্রটি ভ্রান্ত?

9. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ: মৌল, যৌগ, মিশ্র পদার্থ, অন্তরংগ ধর্ম, বহিরংগ ধর্ম, সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব পদার্থ।

10. মিশ্র ও যৌগ পদার্থের মধ্যে পার্থক্যগুলি উদাহরণসহ আলোচনা কর। "যৌগের অনেক ধর্ম বর্তমান থাকিলেও, দ্রবণ একটি মিশ্র পদার্থ"—এই উক্তির সত্যতা যুক্তিসহ আলোচনা কর।

11. নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে মৌল, যৌগ ও মিশ্র পদার্থরূপে শ্রেণীবিন্যাস কর:

ইঁট, কাঠ, পাথর, জল, চিনি, চিনির জল, বায়ু, দুধ, মাটি, বালি, অ্যালুমিনিয়াম, প্লাষ্টিক, কাগজ' কাচ, হীরক, ফসফোরাস, সমুদ্র জল, পেট্রোল।

দ্বিতীয় অধ্যায়	**রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলী** ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন—রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলী—পরমাণুবাদ ও ডাল্টনীয় তত্ত্ব—ডাল্টনের পরমাণুবাদের অবদান, ত্রুটি ও অসম্পূর্ণতা—পরমাণুর প্রকৃত ওজন ও পারমাণবিক ওজন।

প্রকৃতিতে বস্তুজগৎ ও প্রাণী-জগৎ, উভয় ক্ষেত্রেই নিয়ত পরিবর্তন ঘটিতেছে। কোন কোন ক্ষেত্রে এই পরিবর্তন প্রত্যক্ষ ও দ্রুত ঘটিয়া থাকে, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে এই পরিবর্তন এত ধীরমাত্রায় ঘটে যে প্রায় বোঝা যায় না। এক টুকরা পাথর প্রায় অনড়, পরিবর্তনহীন। কয়েক শতাব্দী পরে, পরীক্ষায়, উহারও পরিবর্তন ঘটে দেখা যায়। পৃথিবী বা বিশ্ব-জগতে পরিবর্তনহীন, নিত্য কোন কিছুরই অস্তিত্ব সম্ভব নয়।

পদার্থের পরিবর্তন এককভাবে ঘটিতে পারে ; আবার, অন্য পদার্থের সহিত সংযোগেও পরিবর্তন ঘটে। এই পরিবর্তন, মূলতঃ দুই শ্রেণীর বলিয়া লক্ষ্য করা যায় : (1) **ভৌত পরিবর্তন** (Physical change) ও (2) **রাসায়নিক পরিবর্তন** (Chemical change)।

যে পরিবর্তনে, পদার্থের কেবলমাত্র আপাত পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু মূল আভ্যন্তরীণ গঠন—অর্থাৎ অণু বা পরমাণুর, কোন পরিবর্তন ঘটে না—ঐ পরিবর্তনকে **ভৌত বা অবস্থাগত পরিবর্তন** বলা হয়।

ভৌত পরিবর্তনে—

● পদার্থের পরিবর্তন, পদার্থের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণের উপর নির্ভর করে না।

যেমন, একটুকরা বরফও বর্ধিত উষ্ণতায় তরল জলে পরিণত হয়, আবার এক কিলোগ্রাম বা ততোধিক ওজনের বরফও অনুরূপভাবে তরল জলে পরিণত হয়। কঠিন বরফের, তরল জলে যে পরিবর্তন ঘটে উহা বরফের পরিমাণ-নির্ভর নয় ; এই পরিবর্তন একটি ভৌত পরিবর্তন।

● পদার্থের মূলগত গুণগুলি অক্ষুণ্ণ থাকে অর্থাৎ পদার্থের অণুগুলি (molecules), বা পরমাণুগুলি (atoms) অপরিবর্তিত থাকে।

যেমন, চিনি কঠিন পদার্থ ; উহা জলে যোগ করিলে কঠিন চিনির কণাগুলি দ্রবীভূত হইয়া যায় ও কঠিন কণাগুলি আর দেখা যায় না। কিন্তু, এই আপাত পরিবর্তনেও লক্ষ্য করা যায়, দ্রবণে চিনির মিষ্টতার ধর্ম, অক্ষুণ্ণ আছে এবং তরলরূপে জলেরও ধর্ম অক্ষুণ্ণ আছে। এই দ্রবণটিকে বাষ্পীভবন করিলে, জল এবং চিনি পুনরায় অবিকৃত রূপে পাওয়া যায় অর্থাৎ, কোনোটিরই অণু পরিবর্তিত হয় না। দ্রাব্য পদার্থের দ্রবীভবন, একটি ভৌত পরিবর্তন।

● পদার্থকে পরিবর্তিত রূপ হইতে সহজে অবিকৃতরূপে বা আদিরূপে পরিণত করা যায়।

যেমন, পূর্বের উদাহরণে চিনির জলীয় দ্রবণে, চিনির বাহ্যিক পরিবর্তন ঘটে কিন্তু উৎপন্ন দ্রবণ হইতে চিনি ও জল উভয়কেই অবিকৃতরূপে সহজেই পূর্বাবস্থায় পরিণত করা যায়।

আবার, একখণ্ড লোহাকে চুম্বক বা তড়িৎযোগে চুম্বকে পরিণত করা যায়; কিন্তু উত্তপ্ত করিলে চুম্বকত্ব হারাইয়া, লোহা পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে। লোহার চুম্বকে পরিণত হওয়ার ঘটনাটি ভৌত পরিবর্তন।

● কোন কোন ক্ষেত্রে তাপের পরিবর্তন ঘটে।

যেমন, জল তরল পদার্থ; উহাকে যথেষ্ট শীতল করিলে উহা কঠিন বরফে পরিণত হয়। আবার, বরফকে উষ্ণ করিলে উহা তরল জলে পরিণত হয়। তরল জলকে 100°C. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে উহা স্টীমে পরিণত হয়। সাধারণ উষ্ণতায়ও জল ধীরে ধীরে উবিয়া যায় বা জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। এইসব পরিবর্তনগুলিই, উষ্ণতা বা তাপভেদে—ভৌত পরিবর্তন, কারণ সর্বক্ষেত্রেই—বরফ, জল, স্টীম ও জলীয় বাষ্পের সংযুতি একই বা অন্য কথায় ভৌত পরিবর্তনে উহাদের মূল অণু অপরিবর্তিতই থাকে।

বৈদ্যুতিক বাল্‌বের মধ্যে যে ধাতুর তার থাকে উহা তড়িৎচালনাকালে তীব্র উত্তপ্ত হইয়া শ্বেততপ্ত হয় ও আলোক বিকীরণ করিতে থাকে, কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিলেই উহা পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যায়। এক্ষেত্রেও দেখা যায়, তাপ বিকীরণের পূর্বে ও পরে তারের মধ্যস্থ ধাতু পরমাণুগুলি অপরিবর্তিতই থাকে। তড়িৎ বা তীব্র উত্তাপে যে কোন ধাতুর আলোক ও তাপ বিকীরণের ঘটনা একটি ভৌত পরিবর্তন।

যে পরিবর্তনে পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম ও সংযুতির পরিবর্তন ঘটিয়া, নূতন রাসায়নিক ধর্ম ও নূতন সংযুতিসম্পন্ন এক বা একাধিক পদার্থ উৎপন্ন হয়, ঐ পরিবর্তনকে **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলা হয়। রাসায়নিক পরিবর্তনে, পদার্থের অণু ও পরিবর্তিত পদার্থের অণু সর্বদাই ভিন্ন হইয়া থাকে।

রাসায়নিক পরিবর্তনে—

● পদার্থের পরিবর্তন—পদার্থের বা পদার্থসমূহের নির্দিষ্ট পরিমাণের উপর নির্ভরশীল।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস মিশ্রের মধ্যে তড়িৎস্ফুলিংগ চালনা করিলে জল উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ধর্ম, সংযুতি ও অণুর সহিত—উৎপন্ন জলের ধর্ম, সংযুতি ও অণুর সাদৃশ্য নাই। এই পরিবর্তন, রাসায়নিক পরিবর্তন। জলের উৎপাদন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের নির্দিষ্ট পরিমাণের উপর নির্ভরশীল; আয়তন অনুপাতে (একই উষ্ণতা ও চাপে) এই নির্দিষ্ট পরিমাণ 2 : 1 এবং ওজন অনুপাতে এই নির্দিষ্ট পরিমাণ 1 : 8।

● রাসায়নিক পরিবর্তনের পর উপাদান পদার্থ বা পদার্থসমূহকে সহজে, অবিকৃত-ভাবে পৃথক করা যায় না।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক পরিবর্তনে উৎপন্ন জলকে কোন সহজ প্রক্রিয়ায় (পাতন, পরিস্রাবণ, ব্যাপন প্রভৃতি) পৃথক করিয়া পুনরায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত করা যায় না।

পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে, উহার রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটিয়া, পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। কিন্তু পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেনকে সহজ কোন প্রক্রিয়ায় সম্মিলিত করিয়া পুনরায় পটাশিয়াম ক্লোরেটে পরিণত করা যায় না।

● রাসায়নিক পরিবর্তনে অবশ্যই তাপের উদ্ভব বা শোষণ ঘটে।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন—রাসায়নিক পরিবর্তনে যখন জলে পরিণত হয়, তখন প্রচুর তাপের উদ্ভব ঘটে। কার্বনের বায়ুতে দহনে, উহা রাসায়নিক পরিবর্তনে যখন কার্বন মনোকসাইডে বা কার্বন ডায়কসাইডে পরিণত হয়, তখন প্রচুর তাপের উদ্ভব ঘটে। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্র হইতে উচ্চতাপে যখন নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়, তখন ঐ রাসায়নিক পরিবর্তনে প্রচুর তাপ শোষিত হয়। কার্বন ও সালফারের সংযোগে যখন কার্বন ডাইসাল্‌ফাইড উৎপন্ন হয়, তখন ঐ রাসায়নিক পরিবর্তনে, প্রচুর তাপ শোষিত হয়।

বিভিন্ন দাহ্য বস্তুর দহন, তড়িৎ চালনা করিয়া বিভিন্ন রাসায়নিক বস্তুর বিযোজন, বিভিন্ন মৌল হইতে যৌগের উদ্ভব, যৌগ হইতে নূতন যৌগের উদ্ভব ইত্যাদি রাসায়নিক পরিবর্তনের উদাহরণ।

রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reactions) ঃ

যে প্রক্রিয়ার মধ্য দিয়া এক বা একাধিক রাসায়নিক পদার্থের পরিবর্তন ঘটে, উহাকে রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reaction) বলা হয়।*

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলী
[Laws of Chemical Combination]

পদার্থের বহুবিচিত্র ও সংখ্যাতীত যে পরিবর্তন ঘটে বা রসায়নাগারে ঘটানো যায়, তাহার মূল রহস্য কি ? এ প্রশ্ন দীর্ঘকাল হইতে বিজ্ঞানীদের কৌতূহলী করিয়াছে। এই রহস্যের মূলে আছে পদার্থের স্বরূপ। পদার্থের স্বরূপ উদ্‌ঘাটনে বিজ্ঞানীরা লক্ষ্য করেন যে—পদার্থের সকল পরিবর্তনের মধ্যেই কতকগুলি অলংঘ্য নিয়ম ক্রিয়া করে। বিশেষ করিয়া রাসায়নিক পরিবর্তনগুলির ক্ষেত্রে এমন কতকগুলি গাণিতিক নিয়ম অনুসৃত হয়, যাহা পদার্থের স্বরূপ এবং পদার্থের গঠনতত্ত্ব প্রস্তাবনায় বিশেষ সহায়ক। এই নিয়মগুলিকে একত্রে **"রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলী"** (Laws of Chemical Combination) বলা হয়। রসায়নের সকল ছাত্রের কাছেই এই সূত্রগুলি বিশেষ মূল্যবান।

---

* বিস্তৃত বিবরণ সপ্তম অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

"রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলী" মূলতঃ পাঁচটি—

(1) **পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র** (Law of Conservation of Mass)

(2) **পদার্থের উপাদানের নিত্যতা সূত্র বা স্থিরানুপাত সূত্র** (Law of Definite Proportions)

(3) **গুণানুপাত সূত্র** (Law of Multiple Proportions)

(4) **মিথোনুপাত সূত্র** (Law of Reciprocal Proportions)

(5) **গ্যাসের আয়তন-অনুপাত সূত্র** (Law of Gaseous Volumes)

এই সূত্রগুলির মধ্যে প্রথম চারিটি ওজন সম্পর্কিত সূত্র ও শেষ সূত্রটি কেবলমাত্র গ্যাসের আয়তন সম্পর্কিত সূত্র।

পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র

রাসায়নিক বা অন্য কোন পরিবর্তনের ফলে, পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ ঘটে না, কেবলমাত্র রূপান্তর ঘটে। অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে এক বা একাধিক পদার্থ অন্য এক বা একাধিক পদার্থে যখন রূপান্তরিত হয়, তখন উৎপাদক পদার্থ বা পদার্থগুলির মোট ওজন, উৎপন্ন পদার্থ বা পদার্থগুলির মোট ওজনের সর্বদাই সমান হয়।*

সাধারণ অভিজ্ঞতায় আমাদের কখনো কখনো মনে হয় যে এই নিয়মটি হয়তো সত্য নয়। যেমন, কয়লা পুড়িলে অবশিষ্ট ছাই-এর ওজন, মূল কয়লার ওজনের অনেক কম হয়। একটুকরা লোহা আর্দ্র বাতাসে কয়েকদিন রাখিয়া দিলে মরিচা পড়িয়া উহার ওজন বাড়িয়া যায়। একখণ্ড ম্যাগনেসিয়াম দহন করিলে উহা শ্বেত ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড চূর্ণে পরিণত হয় ও ওজন বাড়ে। কিন্তু সব উদাহরণগুলির ক্ষেত্রেই, পরিবর্তনগুলি বদ্ধ পাত্রের মধ্যে ঘটাইলে দেখা যায়—পরিবর্তনের পূর্বে ও পরে ওজন একই থাকে।

পদার্থের অবিনাশিতা সূত্রকে সর্বপ্রথম পরীক্ষার দ্বারা সুপ্রমাণিত করেন আধুনিক রসায়নের জনক, ফরাসী বিজ্ঞানী **ল্যাভোয়াসিয়ে** (1774)।

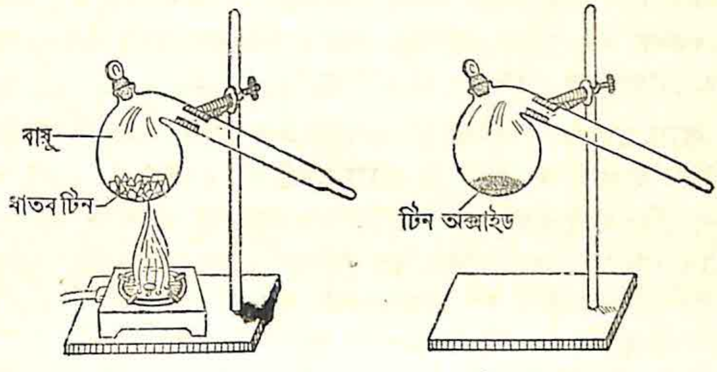
(1) **ল্যাভোয়াসিয়ের পরীক্ষা ঃ** একটি কাচের রিটর্ট (retort) বা বকযন্ত্রের মধ্যে কিছু ধাতব টিন রাখিয়া, পাত্রটির নির্গম নলের মুখটি উত্তাপে গলাইয়া

* আইনস্টাইন সূত্র যোগে (পাদটীকা : পৃঃ 7) প্রমাণ করেন, পদার্থের ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হইতে পারে। 'পরমাণু বোমা' ও 'পরমাণু শক্তি বিক্রিয়ক'গুলিতে পদার্থের কিছু পরমাণুর ভর এইভাবে সম্পূর্ণ শক্তিতে রূপান্তরিত হইলে, বিপুল শক্তি (মূলতঃ, তাপশক্তি) উৎপাদন করে।

রাসায়নিক বিক্রিয়াকালেও, অনেক বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয়। যদিও পূর্বের তুলনায় এই উৎপন্ন তাপ সামান্য, তথাপি এই তাপ ভর হইতে উৎপন্ন হইয়াছে এই যুক্তি অনুসারে বিক্রিয়ক পদার্থের ভর অতি নগণ্য পরিমাণেও হ্রাস পাওয়া উচিৎ এবং বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থগুলির ভর বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মোট ভরের সমান হওয়া সম্ভব নয়।

সুতরাং পদার্থের অবিনাশিতা সূত্রের যথার্থ সূত্র : **রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে, ভর ও শক্তির মোট পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে।**

বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। রিটর্টের মধ্যে রহিল ধাতব টিন ও বায়ু। এখন রিটর্টের মোট ওজন লওয়া হইল। ইহার পর রিটর্টটিকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে টিন আবদ্ধ

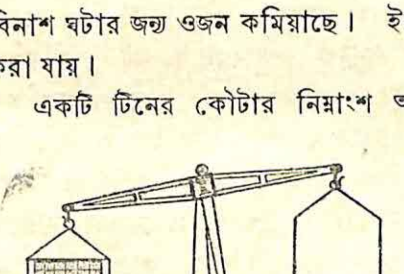


চিত্র নং 2.1

বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শ্বেতবর্ণের চূর্ণ টিন অক্সাইডে পরিণত হয়। ইহার পর রিটর্টটিকে শীতল করিয়া ওজন করিলে দেখা যায়—ওজনের কোন হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে নাই। অর্থাৎ একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া গেলেও উৎপাদক ও উৎপন্ন পদার্থের মোট ওজন একই রহিয়াছে। (চিত্র নং 2.1)

(2) **মোমবাতি পরীক্ষা ঃ** একটি মোমবাতি সাধারণভাবে প্রজ্বলিত করিলে প্রজ্বলনের পরে বাতির ওজন কমিয়া যায় ; আপাতদৃষ্টিতে মনে হইতে পারে বস্তুর বিনাশ ঘটার জন্য ওজন কমিয়াছে। ইহা সত্য নয়। একটি পরীক্ষাদ্বারা ইহা প্রমাণ করা যায়।

একটি টিনের কৌটার নিম্নাংশ অপসারণ করিয়া উহা একটি সচ্ছিদ্র কর্কদ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হইল এবং একটি তার-জালিতে কিছু সোডালাইম রাখিয়া উহাই উপরাংশের ছিপি রূপে লাগান হইল। এখন একটি মোমবাতিকে নিম্নাংশের ছিপির উপর রাখিয়া সমস্ত কৌটাটির ওজন লওয়া হইল। ইহার পর মোমবাতিটিকে প্রজ্বলিত করিয়া খুব দ্রুত নিম্নাংশের ছিপিটি লাগাইয়া দেওয়া হইল ও মোমবাতির প্রজ্বলনটি সম্পূর্ণ করা হইল। পরীক্ষাশেষে সমগ্র কৌটাটির ওজন লইলে দেখা যায় ওজন বাড়িয়া গিয়াছে (চিত্র নং 2.2)।



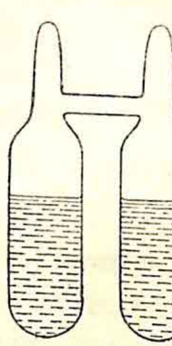
চিত্র নং 2.2

এক্ষেত্রে, মোমবাতি নিম্নের সচ্ছিদ্র কর্কের মাধ্যমে বায়ুর অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া প্রজ্বলনে কার্বন ডায়ক্সাইড ও জল উৎপন্ন করিয়াছে এবং ঐগুলি সোডা লাইমে শোষিত হইয়াছে। ফলে দহনে উৎপন্ন পদার্থগুলি বাহিরে যায় নাই বরং কিছু অক্সিজেন দহনের জন্য গৃহীত হইয়াছে, ফলে মোট ওজন বাড়িয়াছে। পরীক্ষাটি প্রমাণ করে, মোমবাতির প্রজ্বলনে ওজন কমে না।

(3) **ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা ঃ** পদার্থের অবিনাশিতা সূত্রের একটি তর্কাতীত প্রমাণ পরীক্ষার দ্বারা উপস্থাপন করেন **ল্যাণ্ডোল্ট** (Landolt)। এই পরীক্ষায় একটি H-আকৃতির নলে একবাহুতে কিছু সিলভার সালফেট দ্রবণ ও অপর বাহুতে কিছু ফেরাস সালফেট দ্রবণ লওয়া হয় এবং এই অবস্থায় H-নলের মুখগুলি গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় ও সমগ্র H-নলটির ওজন লওয়া হয়। ইহার পর H-নলটি ঝাঁকাইলে উভয় দ্রবণ মিশ্রিত হইয়া যায় ও একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া ধাতব সিলভার উৎপন্ন হয়।

$[Ag_2SO_4 + 2FeSO_4 = 2Ag \downarrow + Fe_2(SO_4)_3]$

বিক্রিয়াটি ঘটিবার পর H-নলটি পুনরায় ওজন করিলে দেখা যায় যদিও একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়াছে, H-নলটির ওজন অপরিবর্তিতই আছে। ফলে প্রমাণিত হয়, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের বিনাশ বা উৎপত্তি কোনটিই ঘটে না (চিত্র নং 2.3)।



চিত্র নং 2.3

(4) পদার্থের অবিনাশিতা সূত্রের একটি সহজ ও আধুনিক পরীক্ষা অনায়াসেই করা যায়। ক্যামেরায় ফটো তুলিবার সময়, ফ্ল্যাশ বাল্‌ব (flash-bulb) অনেকেই ব্যবহৃত হইতে দেখিয়াছি। ফ্ল্যাশ-বাল্‌ব ইলেকট্রিক বাল্‌বেরই একটি ক্ষুদ্র রূপ। ইহার মধ্যে একটি ক্ষুদ্র কাচের বদ্ধ বাল্‌বে ম্যাগনেসিয়াম তার ও অক্সিজেন গ্যাস থাকে। ফটো তুলিবার সময় ব্যাটারী যোগে তড়িৎ চালনা করিলে, ফ্ল্যাশ বাল্‌বটি তীব্র আলো উৎপাদন করিয়া পরে নিভিয়া যায়। বাল্‌বটির মধ্যে তখন ম্যাগনেসিয়াম বা অক্সিজেন থাকে না, পড়িয়া থাকে শ্বেত ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড। পরীক্ষার পূর্বে ও পরে ফ্ল্যাশ বাল্‌বের ওজন লইলে দেখা যায়, ওজন অপরিবর্তিতই আছে। সুতরাং ম্যাগনেসিয়াম ও অক্সিজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ায় উৎপাদক পদার্থগুলির ও উৎপন্ন পদার্থগুলির মোট ওজন সমানই থাকিয়া যায়। (চিত্র নং 2.4)



চিত্র নং 2.4

পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র সত্য বলিয়াই পৃথিবী ও বিশ্ব-জগতে মোট পদার্থের পরিমাণ নিত্য আছে।

স্থিরানুপাত সূত্র

নির্দিষ্ট রাসায়নিক গুণসম্পন্ন একটি যৌগে উপাদান মৌলগুলি সর্বদাই এক থাকে এবং ঐ মৌলগুলির পারস্পরিক ওজনের পরিমাণও সর্বদাই নির্দিষ্ট থাকে।

সোডিয়াম ক্লোরাইড বা সাধারণ লবণের কতকগুলি নির্দিষ্ট রাসায়নিক ধর্ম আছে। এই ধর্মসম্পন্ন সোডিয়াম ক্লোরাইড, সর্বদাই দুইটি এবং দুইটি মাত্র মৌলের সংযোগেই উৎপন্ন হওয়া সম্ভব এবং এই মৌল দুইটি সোডিয়াম ও ক্লোরিন। আবার সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ওজনের একটি নির্দিষ্ট মাত্রানুপাতেই (1 গ্রাম সোডিয়াম+1·54 গ্রাম ক্লোরিন) সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। যদি 1 গ্রাম সোডিয়ামের সহিত 10 গ্রাম ক্লোরিনের বিক্রিয়া করানো যায়, তাহা হইলে দেখা যায় যে 1 গ্রাম সোডিয়াম 1·54 গ্রামই মাত্র ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে, বাকী 8·46 গ্রাম ক্লোরিন অব্যবহৃত থাকে।

জল একটি অতি পরিচিত যৌগ। নানা উৎস হইতে ইহা পাওয়া যায়। নানা রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও ইহার উৎপত্তি ঘটে। যে ভাবেই জল পাওয়া যাক না কেন, উহা বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, জল সর্বদাই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দুইটি মৌলের 1 : 8 ওজনের অনুপাতে বিশ্লিষ্ট হয়। অর্থাৎ, যে-কোন ওজনের অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন জল উৎপন্ন করে না, একটি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতেই মাত্র করে।

ক্যালসিয়াম কার্বনেট, সাধারণভাবে যাহা মার্বেল পাথর ও চকখড়ির উপাদানরূপে পরিচিত, উহা তিনটি মৌলের সুনির্দিষ্ট মাত্রা যোগে উৎপন্ন হয়। এই উপাদান মৌলগুলি ক্যালসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেন এবং উহাদের পারস্পরিক ওজনের অনুপাত সর্বদাই ক্যালসিয়াম 40%, কার্বন 12% এবং অক্সিজেন 48%।

যৌগে উপাদান মৌলগুলির স্থিরতা ও উহাদের অনুপাতের নিত্যতা হইতে সহজে অনুসিদ্ধান্ত করা যায় যে, যৌগের সংগঠন সর্বদাই সুনির্দিষ্ট হইবে এবং বিপরীতক্রমে একই সুনির্দিষ্ট সংযুতিতে একটিই যৌগ প্রত্যাশিত।*

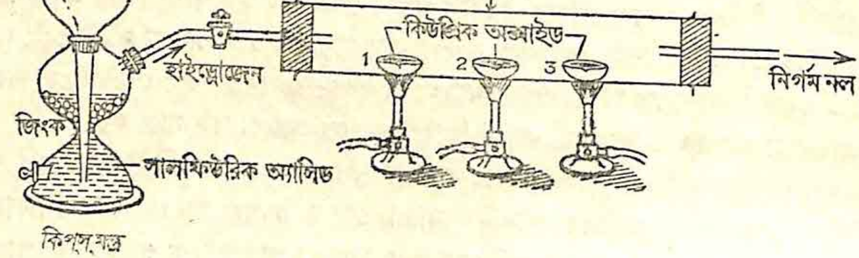
---

* আইসোটোপ আবিষ্কারের পর, দেখা যায় স্থিরানুপাত সূত্র মোটামুটি সত্য হইলেও, কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যতিক্রম হইতে পারে। যেমন, একই রাসায়নিক ধর্ম সম্পন্ন মৌল হাইড্রোজেনের তিনটি পারমাণবিক ওজনযুক্ত আইসোটোপ আছে (H, D, T) ; হাইড্রোজেনের এই তিনটি আইসোটোপই অক্সিজেনের সহিত একই রাসায়নিক ধর্মসম্পন্ন জল উৎপন্ন করে। কিন্তু যথাক্রমিক বিশ্লেষণে, এই জলগুলিতে বিভিন্ন ওজনের হাইড্রোজেন (আইসোটোপ), একই ওজন অক্সিজেনে যুক্ত থাকে।

স্থিরানুপাত সূত্রের বিপরীত সূত্র : 'একই মৌল সর্বদা একই ওজনের অনুপাতে যুক্ত হইলে সর্বদা একই যৌগ গঠন করিবে'—এই সূত্রটি মোটামুটি সত্য হইলেও, আইসোমারের (isomer) ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়। ডাইমিথাইল ইথার ও ইথাইল অ্যালকোহল উভয়েরই সংকেত C_2H_6O এবং উভয় যৌগেই C, H এবং O-এর অনুপাত একই (24 : 6 : 16) ; কিন্তু উহারা পৃথক ধর্মসম্পন্ন যৌগ।

স্থিরানুপাত সূত্রের প্রথম প্রস্তাব করেন **প্রাউস্ট** (1797)। এই সূত্রটির সত্যতা নানাভাবে পরীক্ষা করা যায়।

পরীক্ষা ঃ কিউপ্রিক অক্সাইড একটি কৃষ্ণবর্ণের রাসায়নিক যৌগ। এই যৌগটিকে নানাভাবে প্রস্তুত করা যায়। প্রথমত, কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া, দ্রবণটি উত্তাপে শুষ্ক ও পরে আরও তীব্র উত্তপ্ত করিলে, কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয়ত, কিউপ্রিক কার্বনেটকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে, কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। তৃতীয়ত, কিউপ্রিক সালফেটের দ্রবণে, কষ্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে একটি অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ (precipitate) পড়ে। এই অধঃক্ষেপটিকে ছাঁকিয়া লইয়া তীব্র উত্তপ্ত করিলে উহা কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। এই তিনটি প্রণালীতে উৎপন্ন কিউপ্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করিয়া উহাদের পৃথক পৃথক ভাবে, পূর্বে ওজন করা আছে এমন তিনটি পোর্সিলেন বাটিতে কিছু পরিমাণে রাখিয়া আবার ওজন করা হইল। প্রতিটি ক্ষেত্রে বাটিসহ কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন হইতে পূর্বের শূন্য বাটির ওজন বাদ দিলে,—গৃহীত কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন জানা যায়।



চিত্র নং 2.5

এখন একটি দুই মুখ খোলা দহন নলের (combustion tube) মধ্যে বাটি তিনটিকে পর্যায়ক্রমে সাজাইয়া দহন নলের এক মুখ একটি নলযুক্ত কর্কের সাহায্যে একটি হাইড্রোজেন উৎপাদক কিপ্‌স্‌ যন্ত্রের (Kipp's apparatus) সহিত যুক্ত করা হয় ; দহন নলের অপর মুখটিকেও নির্গম নলযুক্ত একটি কর্কের সাহায্যে বন্ধ করা হয়। ইহার পর দহন নলটির নীচে কয়েকটি বুনসেন বার্নার (Bunsen burner) যোগে তীব্র উত্তপ্ত করার সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা সুরু করা হয়। ইহার ফলে বাটিগুলির কিউপ্রিক অক্সাইড কপার ধাতুতে পরিণত হইয়া যায়। (চিত্র নং 2.5)

$$(CuO + H_2 = Cu + H_2O)$$

বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইবার পর, বাটিগুলিকে বাহির করিয়া শোষকাধারে (desiccator) শীতল করা হয় ও পরে আবার ওজন লওয়া হয়। এই ওজনগুলি হইতে

যথাক্রমে শূন্য বাটিগুলির ওজন বাদ দিলে উৎপন্ন কপারের ওজন পাওয়া যায়। দহন নলে উত্তাপের আগে প্রতিটি বাটির কপার অক্সাইডের ওজন জানা ছিল; দহনের পরে প্রতিটি বাটির কপারের ওজন জানা গেল; অতএব, এই দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে প্রতিটি বাটির কিউপ্রিক অক্সাইডে সংযুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণও নির্ণয় করা যায়।

ধরা যাক, একটি শূন্য পোর্সিলেন বাটির ওজন $= a$ গ্রাম।

পোর্সিলেন বাটি + গৃহীত কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= b$ গ্রাম।

পোর্সিলেন বাটি + উৎপন্ন কপারের ওজন $= c$ গ্রাম।

$\therefore$ গৃহীত কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= b - a$ গ্রাম।

এবং উৎপন্ন কপারের ওজন $= c - a$ গ্রাম।

কপারের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (b-a)-(c-a) = b - c$ গ্রাম।

স্বতরাং কিউপ্রিক অক্সাইডে কপারের শতকরা ওজন $= 100 \times \frac{c-a}{b-a}$

এবং কিউপ্রিক অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা ওজন $= 100 \times \frac{b-c}{b-a}$

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে, যে-কোন প্রণালীতে প্রস্তুত কিউপ্রিক অক্সাইডই ব্যবহৃত হোক্ না কেন, (অর্থাৎ প্রতি বাটি হইতে উৎপন্ন কপারে) দেখা যায় যে উহাতে সর্বদাই $Cu = 79{\cdot}79\%$ এবং $O = 20{\cdot}11\%$। অর্থাৎ $Cu : O :: 63{\cdot}57 : 16$। ইহা একটি নিত্য অনুপাত।

গুণানুপাত সূত্র

যদি দুইটি মৌল বিভিন্ন অনুপাতে যুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ গঠন করে তাহা হইলে একটি উপাদান মৌলের কোন নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপর মৌলটি যে যে ওজনের অনুপাতে যুক্ত হয়, সেই সেই ওজনগুলি পরস্পরের সহিত অবশ্যই একটি সরল অনুপাত রক্ষা করে।

এই স্বত্রটি পরীক্ষাযোগে প্রথম প্রস্তাব করেন **ডাল্টন** (1803)।

উদাহরণ স্বরূপ কার্বন মৌলটির কথা ধরা যাক্। কার্বন, অক্সিজেন মৌলের সহিত দুইটি যৌগ গঠন করে—কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডায়ক্সাইড। পরীক্ষায় দেখা যায়, কার্বন ডায়ক্সাইডে প্রতি 12 গ্রাম কার্বন, 16 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে; কার্বন ডায়ক্সাইডে প্রতি 12 গ্রাম কার্বন, 32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে। অতএব, অক্সাইড দুইটিতে একটি উপাদান মৌল কার্বনের একটি নির্দিষ্ট ওজনের (12 গ্রাম) সহিত যুক্ত, অপর মৌলটির অর্থাৎ অক্সিজেনের ওজনের পরিমাণগুলি যথাক্রমে 16 গ্রাম এবং 32 গ্রাম; এই ওজন দুইটির পারস্পরিক অনুপাত, একটি সরল অনুপাত 16 : 32 বা 1 : 2।

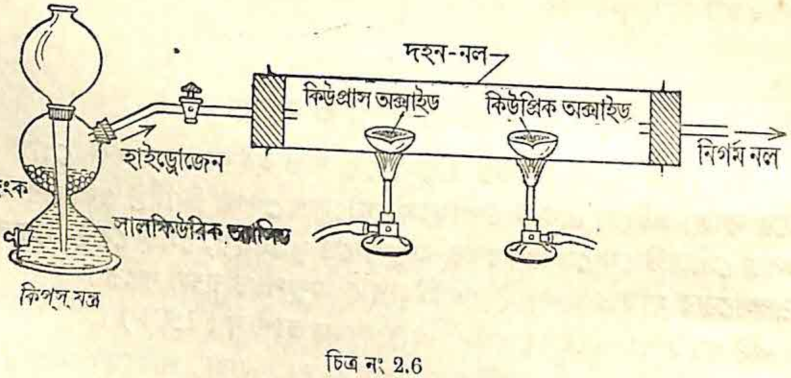
অনুরূপভাবে, নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সহিত পাঁচটি যৌগ অক্সাইড গঠন করে। ইহাদের নাম ও প্রতিটিতে 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ নিম্নরূপ :

যৌগ	সংকেত	1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত অক্সিজেনের গ্রাম-ওজন
ডাইনাইট্রোজেন মনোক্সাইড	N_2O	0·571
নাইট্রোজেন অক্সাইড	NO	1·142
ডাইনাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড	N_2O_3	1·713
নাইট্রোজেন ডায়ক্সাইড	NO_2	2·284
ডাইনাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড্	N_2O_5	2·855

অতএব, একই ওজনের নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত 0·571 : 1·142 : 1·713 : 2·284 : 2·855 বা সরল অনুপাতে 1 : 2 : 3 : 4 : 5।

অন্যান্য সূত্রের ন্যায় এই সূত্রটিও পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা : কপার অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুইটি অক্সাইড গঠন করে ; একটি কিউপ্রাস অক্সাইড ও অপরটি কিউপ্রিক অক্সাইড। দুইটি শূন্য পোর্সিলেন



চিত্র নং 2.6

বাটি আলাদা আলাদা ওজন করিয়া উহাদের একটিতে কিছু কিউপ্রাস অক্সাইড ও অপরটিতে কিছু কিউপ্রিক অক্সাইড লওয়া হয় ও পুনর্বার ওজন করা হয়। এই দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে, গৃহীত কিউপ্রাস অক্সাইড ও কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন জানা যায়। এখন বাটি দুইটি, একটি দুই মুখ খোলা দহন নলের মধ্যে সাজাইয়া, দহন নলের এক মুখ কর্কের দ্বারা বন্ধ করা হয় ; ঐ কর্কের মধ্য দিয়া একটি নল থাকে এবং নলটি হাইড্রোজেন উৎপাদক কিপ্স্ যন্ত্রের সহিত যুক্ত করা হয়। দহন নলের অপর মুখটিও নির্গম নলযুক্ত একটি কর্কের সাহায্যে বন্ধ করা হয়। এখন দহন

নলটিকে কয়েকটি বুনসেন বার্নার যোগে তীব্র উত্তপ্ত করার সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা সুরু করা হয়। ইহার ফলে বাটিগুলির অক্সাইডগুলি বিজারিত হইয়া কপার ধাতুতে পরিণত হয় (চিত্র নং 2.6)।

$$(CuO + H_2 = Cu + H_2O)$$

$$(Cu_2O + H_2 = 2Cu + H_2O)$$

বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইবার পর বাটিগুলিকে বাহির করিয়া শোষকাধারে শীতল করা হয় ও পরে আবার ওজন লওয়া হয়। এই ওজনগুলি হইতে যথাক্রমে শূন্য বাটিগুলির ওজন বাদ দিলে, প্রতিটি বাটিতে উৎপন্ন কপারের ওজন পাওয়া যায়। কিউপ্রাস অক্সাইডযুক্ত বাটির ওজন হইতে কপারযুক্ত বাটির ওজন বাদ দিলে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন জানা যায়। অনুরূপভাবে, কিউপ্রিক অক্সাইডযুক্ত বাটির ওজন হইতে উৎপন্ন কপারযুক্ত বাটির ওজন বাদ দিলে, যুক্ত অক্সিজেনের ওজন জানা যায়। ধরা যাক—

1নং পোর্সিলেন বাটির ওজন $= a$ গ্রাম।
1 নং পোর্সিলেন বাটি + কিউপ্রাস অক্সাইডের ওজন $= b$ গ্রাম।
1নং পোর্সিলেন বাটি + উৎপন্ন কপারের ওজন $= c$ গ্রাম।
অতএব, গৃহীত কিউপ্রাস অক্সাইডের ওজন $= b - a$ গ্রাম।
কিউপ্রাস অক্সাইডে যুক্ত কপারের ওজন $= c - a$ গ্রাম।
কিউপ্রাস অক্সাইডে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= b - c$ গ্রাম।

অতএব, কিউপ্রাস অক্সাইডে, প্রতি **1** গ্রাম কপারের সহিত যে অক্সিজেন যুক্ত হয় তাহার ওজন, $\frac{b-c}{c-a}$ গ্রাম।

2নং পোর্সিলেন বটির ওজন $= x$ গ্রাম।
2নং পোর্সিলেন বাটি + কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= y$ গ্রাম।
2নং পোর্সিলেন বাটি + উৎপন্ন কপারের ওজন $= z$ গ্রাম।
অতএব গৃহীত কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= y - x$ গ্রাম।
কিউপ্রিক অক্সাইডে যুক্ত কপারের ওজন $= z - x$ গ্রাম।
কিউপ্রিক অক্সাইডে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= y - z$ গ্রাম।

অতএব, কিউপ্রিক অক্সাইডে, প্রতি 1 গ্রাম কপারের সহিত যে অক্সিজেন যুক্ত হয় তাহার ওজন, $\frac{y-z}{z-x}$ গ্রাম।

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় $\frac{b-c}{c-a} : \frac{y-z}{z-x}$ সর্বদাই একটি সরল সংখ্যার অনুপাত।

মিথোনুপাত সূত্র

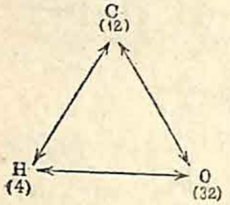
যদি দুইটি মৌল পৃথক পৃথক ভাবে একটি তৃতীয় মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া নির্দিষ্ট যৌগ উৎপন্ন করে, তাহা হইলে ঐ তৃতীয় মৌলটির

একটি নির্দিষ্ট ওজনের সহিত ঐ দুইটি মৌল যে যে ওজনের অনুপাতে যুক্ত হয় সেই ওজনের অনুপাতে, বা ঐ অনুপাতের সরল গুণিতকের অনুপাতে ঐ দুইটি মৌল পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ উৎপন্ন করে।

এই সূত্রটি প্রথম প্রস্তাব করেন **রিচার** (1792)।

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাক্‌, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও কার্বন তিনটি মৌল। প্রথম দুইটি মৌলই আলাদা আলাদাভাবে কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে মিথেন (CH_4) ও কার্বন ডায়ক্সাইড (CO_2) যৌগ গঠন করে।

মিথেনে প্রতি 12 গ্রাম কার্বনে 4 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত থাকে; কার্বন ডায়ক্সাইডে প্রতি 12 গ্রাম কার্বনে 32 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে। অতএব, একই নির্দিষ্ট 12 গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 4 : 32 বা 1 : 8। এখন, সূত্রানুসারে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া যে বা যে-সকল যৌগ গঠন করিবে উহাতে বা ঐগুলিতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 1 : 8 হইবে বা 1 : 8 এই অনুপাতের সরল গুণিতক হইবে।



বাস্তবে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া দুইটি যৌগ গঠন করে; জল (H_2O) ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2)। জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যুক্ত ওজনের অনুপাত 2 : 16 বা 1 : 8। হাইড্রোজেন পারক্সাইডে যুক্ত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 2 : 32 বা 1 : 16; অর্থাৎ, এই অনুপাত, প্রত্যাশিত 1 : 8 অনুপাতের সরল গুণিতক বা $1 \times 1 : 2 \times 8$।

মিথোনুপাত সূত্রকে 'তুল্যাংকভারের' (equivalent weight) আলোকে (পঞ্চম অধ্যায় দ্রষ্টব্য) বিচার করিলে সহজেই একটি অনুসিদ্ধান্ত করা যায় যে:

"মৌল পদার্থগুলি পরস্পরের সহিত সম্মিলনের কালে সর্বদাই উহাদের তুল্যাংক-ভারের অনুপাতে মিলিত হয়।"

কখনো কখনো এই সিদ্ধান্তটিকে পৃথক একটি সূত্রও বলা হয় এবং এই সূত্রটির নাম দেওয়া হয় **'তুল্যাংক অনুপাত সূত্র'** (Law of Equivalent Proportions)।

গ্যাসের আয়তন-অনুপাত সূত্র

রাসায়নিক পদার্থের পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া সর্বদাই একটি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে হয়। গ্যাসগুলিও রাসায়নিক পদার্থ। অতএব উহাদেরও পারস্পরিক বিক্রিয়া, নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতেই ঘটে। উপরন্তু, গ্যাসগুলি নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে একটি নির্দিষ্ট আয়তন অধিকার করে বলিয়া (পঞ্চম অধ্যায় দ্রষ্টব্য)—বিক্রিয়ার কালে উহাদের ওজনের অনুপাত ছাড়াও, উহাদের পারস্পরিক আয়তনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত থাকে।

গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ার কালে বিক্রিয়ক গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তন এবং উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তন, একই উষ্ণতা ও চাপে পরিমাপ করিলে, আয়তনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত বর্তমান থাকিবে।

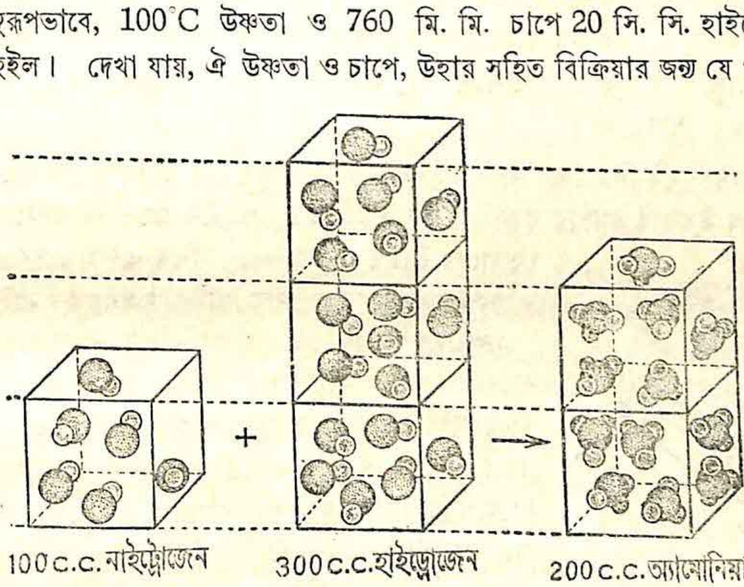


গে ল্যুসাক

বহু পরীক্ষালব্ধ ফলের ভিত্তিতে, এই সূত্রটিকে প্রথম প্রস্তাব করেন, গে ল্যুসাক (1808)।

উদাহরণঃ ধরা যাক্ সাধারণ পরীক্ষাগারের উষ্ণতা ও চাপে (25°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপ), 100 সি.সি. নাইট্রোজেন গ্যাস লওয়া হইল। ইহার সহিত পূর্ণ বিক্রিয়া করিতে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস ঐ উষ্ণতা ও চাপে লাগে, উহার আয়তন দেখা গেল 300 সি. সি. এবং বিক্রিয়ার ফলে যে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হইল, উহার আয়তন ঐ উষ্ণতা ও চাপে দেখা গেল 200 সি. সি. এই আয়তনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত বর্তমান; অর্থাৎ 100 : 300 : 200 বা 1 : 3 : 2। (চিত্র নং 2·7)

অনুরূপভাবে, 100°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে 20 সি. সি. হাইড্রোজেন লওয়া হইল। দেখা যায়, ঐ উষ্ণতা ও চাপে, উহার সহিত বিক্রিয়ার জন্য যে পরিমাণ



চিত্র নং 2·7

অক্সিজেন লাগে উহার আয়তন 10 সি. সি. এবং উৎপন্ন **স্টীমের** আয়তন ঐ উষ্ণতা ও চাপে, 20 সি. সি.। অর্থাৎ পারস্পরিক আয়তনগুলি 20 : 10 : 20 বা 2 : 1 : 2।

পূর্বের পরীক্ষাটিতে, উষ্ণতা 100°C-এর পরিবর্তে নিম্নতর উষ্ণতা (ধরা যাক 25°C) হইলে, **স্টীমের পরিবর্তে—জল** উৎপন্ন হইবে। সেক্ষেত্রে, জল যেহেতু

তরল পদার্থ, গ্যাসীয় আয়তনের তুলনায় জলের আয়তন নগণ্য হইবে এবং উহার ক্ষেত্রে পারস্পরিক অনুপাতটি পুরাপুরি লক্ষ্য করা যাইবে না, যদিও বিক্রিয়ক গ্যাসীয় অংশগুলির মধ্যে (হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন) সরল অনুপাত 2 : 1 বজায় থাকিবে।

পরমাণুবাদ ও ডাল্টনীয় তত্ত্ব
[Dalton's Atomic Theory]

নানারূপে যে নানা পদার্থ আমরা দেখিয়া থাকি, উহাদের প্রতিটিরই নিজস্ব ধর্ম আছে। একটি পদার্থের যে ধর্ম, উহাকে দ্বিধা-বিভক্ত করিলে—বিভক্ত অংশগুলিতেও সেই ধর্ম বর্তমান থাকে। এক গ্লাস জলেরও যে ধর্ম, এক ফোঁটা জলেও সেই ধর্ম দেখা যায়। অতএব অবিভক্ত পদার্থের যে ধর্ম, উহার ক্ষুদ্রাংশগুলির ধর্ম হইতেই তাহা জাত হয়। একটি পদার্থকে কত পর্যন্ত ক্ষুদ্রাংশে ভাগ করা যায়? ক্ষুদ্রাংশ-গুলির শেষ সীমা কি, অর্থাৎ পদার্থের গঠনের মূলে কি?

যেহেতু পদার্থ মাত্রেই সসীম, একটি পদার্থের শেষ মাত্রা কখনোই অসীম হইতে পারে না। অর্থাৎ, একটি পদার্থপিণ্ড অবশ্যই চূড়ান্ত বিভাজনে ক্ষুদ্রতম কণার সমষ্টিতে পরিণত হইবে। এই চূড়ান্ত বা পরম কণাগুলি, যাহার আর বিভাজন সম্ভব নয়, সেই কণাগুলিকে বিজ্ঞানে **পরমাণু** বা **অ্যাটম** (atom) বলা হয়। 'Atom' শব্দটির অর্থ 'অবিভাজ্য !'

কোনো বস্তুই নিরবচ্ছিন্ন নয় এবং সকল বস্তুই সদৃশ বা বিসদৃশ পরমাণু সমূহের সমষ্টি—এ উপলব্ধি প্রাচীন কাল হইতেই প্রচলিত। প্রাচীন গ্রীসে ও ভারতেও এই মতবাদের উল্লেখ পাওয়া যায়। কিন্তু এই মতবাদ পরমাণুর অস্তিত্বের কল্পনা ছাড়া আর অধিক অগ্রসর হয় নাই।


জন ডাল্টন

অষ্টাদশ শতাব্দীতে, পরীক্ষাভিত্তিক নানা রাসায়নিক সংযোগ সূত্র আবিষ্কৃত হইতে থাকে এবং উহার পরিপ্রেক্ষিতে পদার্থের মূল গঠনের স্বরূপ ও পরমাণুর স্বরূপ সম্বন্ধে প্রশ্নটি আবার দেখা দেয়। রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলির যুক্তিসহ ব্যাখ্যার উদ্দেশ্যেই, বিজ্ঞানী **জন ডাল্টন** সর্বপ্রথম একটি সুবিন্যস্ত পরমাণুতত্ত্ব প্রস্তাব করেন (1803)। ইহাই সুবিখ্যাত ডাল্টনের পরমাণুবাদ (Dalton's Atomic Theory)।

ডাল্টনের পরমাণু তত্ত্বের মূল প্রস্তাবনাগুলি :

● যে-কোন পদার্থই শেষ পর্যন্ত অতিসূক্ষ্ম পরম ও চূড়ান্ত কণার সমষ্টি। এই চূড়ান্ত অবিভাজ্য কণাগুলিকে 'পরমাণু' বলা হয়।

- রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণুমাত্রেই অবিনশ্বর ; ইহার সৃষ্টি বা বিনাশ কোনটিই ঘটে না।
- একই মৌলিক পদার্থের সকল পরমাণুগুলিই ওজনে ও ধর্মে সর্বদাই এক।
- বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির ওজন ও ধর্ম সর্বদাই বিভিন্ন।
- যৌগ গঠনকালে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি সরল ও পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে (যেমন 1 : 2, 2 : 3, 3 : 5 ইত্যাদি) যুক্ত হয়।

ডাল্টন ইহাও প্রস্তাব করেন যে পদার্থের সহজাত ধর্ম অনুসারে পদার্থের পরমাণুরও আকার, আয়তন ও ওজন আছে। কোন একটি বিশেষ পরমাণুর ওজন অতি ক্ষুদ্র বলিয়া প্রচলিতভাবে উহা মাপা যায় না ; কিন্তু, বিভিন্ন মৌলের, বিভিন্ন পরমাণুর একটির আপেক্ষিকে অপরটির ওজন নিরূপণ করা সম্ভব।

ডাল্টনের পরমাণুবাদ হইতে পরমাণুর আরেকটি সংজ্ঞাও দেওয়া যায়। **মৌলিক পদার্থের যে চূড়ান্ত অবিভাজ্য কণা হইতে মৌলের রাসায়নিক ধর্মের উৎপত্তি ঘটে ও যাহা রাসায়নিক ক্রিয়া-বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, তাহাই পরমাণু।**

ডাল্টনের পরমাণুবাদ ও কয়েকটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের ব্যাখ্যা

পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র : ডাল্টনের প্রস্তাবনায় পরমাণুগুলি অবিনশ্বর। সুতরাং কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে পরমাণু সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটা সম্ভব নয়। পরমাণু সংখ্যার হ্রাস ঘটিলে পরমাণু বিনষ্ট হয় ধরিতে হইবে এবং পরমাণু সংখ্যার বৃদ্ধি ঘটিলে পরমাণু সৃষ্ট হয় ধরিতে হইবে। ইহার কোনটিই সম্ভব নয়।

আবার ডাল্টন বলেন, প্রতিটি পরমাণুর নিজস্ব নিত্য ওজন আছে। অতএব বিক্রিয়ার পূর্বে একটি নির্দিষ্ট পরমাণু সংখ্যার একটি মোট নির্দিষ্ট ওজন থাকিবে এবং বিক্রিয়ার পরে, যেহেতু পরমাণু সংখ্যা একই থাকিবে, অতএব মোট ওজনও একই থাকিবে।

স্থিরানুপাত সূত্র : ধরা যাক্, A ও B দুইটি মৌল ; A মৌলের a সংখ্যক পরমাণু, B মৌলের b সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে (A_aB_b)। ডাল্টনের মতানুযায়ী, A মৌলের প্রতিটি পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে ; অনুরূপভাবে B মৌলের প্রতিটি পরমাণুরও একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। ধরা যাক্, এই ওজনগুলি যথাক্রমে x এবং y। অতএব, যৌগের মধ্যে A মৌলের মোট ওজন $a \times x$ এবং B মৌলের মোট ওজন $b \times y$। যৌগটির বিশ্লেষণে A এবং B-এর যে ওজন অনুপাত পাওয়া যাইবে তাহা অবশ্যই $ax : by$। এই অনুপাতগুলিতে ডাল্টনের মতানুযায়ী a, b, x, y সব সংখ্যাগুলিই নিত্য। অতএব $A_a\ B_b$ যৌগটিতে A এবং B-এর অনুপাত অবশ্যই নিত্য হইবে।

গুণানুপাত সূত্র ঃ ধরা যাক্ A ও B দুইটি মৌলের সংযোগে দুইটি যৌগ গঠিত হয়। ইহার একটি যৌগ গঠিত হয় A-র p সংখ্যক পরমাণুর সহিত B-র q সংখ্যক পরমাণু যোগে (A_pB_q) ; অপরটি গঠিত হয় A-র m সংখ্যক পরমাণুর সহিত B-র n সংখ্যক পরমাণু যোগে (A_mB_n)। A-র পারমাণবিক ওজন ধরা যাক্ x ; এবং B-র পারমাণবিক ওজন y।

এখন প্রথম যৌগে A-র ওজন $p\times x$ এবং B-র ওজন $q\times y$; বা, px গ্রাম A, qy গ্রাম B-র সহিত যুক্ত ; বা 1 গ্রাম A, $\frac{qy}{px}$ গ্রাম B-র সহিত যুক্ত।

দ্বিতীয় যৌগে A-র ওজন $m\times x$ এবং B-র ওজন $n\times y$; বা mx গ্রাম A, ny গ্রাম B-র সহিত যুক্ত ; বা 1 গ্রাম A, $\frac{ny}{mx}$ গ্রাম B-র সহিত যুক্ত।

অতএব দুইটি যৌগের মধ্যে, একটি মৌল A-র একটি নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) সহিত যুক্ত অপর মৌলটির বিভিন্ন ওজনের অনুপাত,

$$\frac{qy}{px} : \frac{ny}{mx}, \text{ বা } \frac{q}{p} : \frac{n}{m} \text{ বা } mq : np$$

এখন ডাল্টনের মতানুযায়ী q, p, n, m এইগুলি যখন ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যা, উহাদের গুণফলগুলিও অবশ্যই পূর্ণসংখ্যা হইবে। অতএব পূর্বোক্ত অনুপাতটি, সরল অনুপাত।

মিথোনুপাত সূত্র ঃ ধরা যাক্ A, B ও C তিনটি পৃথক মৌল এবং উহাদের পারমাণবিক ওজনগুলি যথাক্রমে a, b ও c। পূর্বের উদাহরণমত ধরা যাক্ A মৌলটি B মৌলের সহিত $A_x B_y$, এবং C মৌলের সহিত A_pC_q যৌগ গঠন করে।

অতএব A_xB_y যৌগে $A : B$ ওজনের অনুপাত $= x\times a : y\times b$ বা $a : \frac{y}{x}\times b$

A_pC_q যৌগে $A : C$ ওজনের অনুপাত $= p\times a : q\times c$ বা $a : \frac{q}{p}\times c$

অতএব একই ওজনের A-র সহিত (a গ্রাম) যুক্ত, B এবং C-র ওজনের অনুপাত $\frac{y}{x}\times b : \frac{q}{p}\times c$।

ডাল্টনের মতানুযায়ী, x, y, p, q ক্ষুদ্র ও পূর্ণসংখ্যা। এখন যদি $x=y=p=q$ হয়, B এবং C-র ওজনের অনুপাত $b : c$। যদি x, y, p, q অসমান হয় $\frac{y}{x}\times b$, b-এর একটি গুণিতক এবং $\frac{q}{p}\times c$, c-এর একটি গুণিতক।

এখন B ও C-র মধ্যে যৌগ গঠনকালে, B-র একটি পরমাণু, C-র একটি পরমাণুর সহিত BC গঠন করিতে পারে ; সেক্ষেত্রে B ও C-র ওজনের অনুপাত হইবে

$1 \times b : 1 \times c$ বা $b : c$। অথবা B ও C-যৌগ গঠনকালে B_mC_n গঠন করিবে ; সেক্ষেত্রে B এবং C-র ওজনের অনুপাত হইবে $m \times b : n \times c$; কিন্তু $m \times b$, b-এর গুণিতক এবং $n \times c$, c-এর গুণিতক।

সুতরাং মিথোনুপাত সূত্রটি প্রমাণিত হয়।

গ্যাসানুপাত সূত্র ঃ এই সূত্রটি ডাল্টনীয় মতবাদের দ্বারা ব্যাখা করা যায় না। এই সূত্রটি ডাল্টনীয় মতবাদের আলোকে বিচার করার আগে মনে রাখা দরকার—

(1) যে-কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত, অন্তর্নিহিত পরমাণুগুলির অনুপাতে নির্দিষ্ট ;

(2) গ্যাসীয় বিক্রিয়াগুলিতে অনুরূপ উষ্ণতা চাপে গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মধ্যে আয়তনের সরল অনুপাত বর্তমান।

এই দুইটি প্রাপ্ত তথ্যের একত্র সংগতি রক্ষা করিতে হইলে সিদ্ধান্ত করিতে হয় ঃ

একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন সকল গ্যাসের মধ্যেই সমসংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকে।

ডাল্টনের মতবাদের অনুসিদ্ধান্তরূপে, বার্জিলিয়স এই প্রকল্পটি প্রস্তাব করেন।

গ্যাসীয় বিক্রিয়ার উদাহরণস্বরূপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের উৎপাদন বিক্রিয়াটি ধরা যাক। এই বিক্রিয়াটিতে, যে কোন আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস অনুরূপ উষ্ণতা ও চাপে, সম-আয়তন ক্লোরিন গ্যাসের সহিত মিলিত হইয়া, দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে ; অর্থাৎ

1 আয়তন হাইড্রোজেন+1 আয়তন ক্লোরিন=2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

ধরা যাক্, প্রতি গ্যাসেই সমউষ্ণতা ও সমচাপে একক আয়তন পিছু n সংখ্যক পরমাণু থাকে ; (বার্জিলিয়স প্রকল্প)

অতএব n পরমাণু হাইড্রোজেন+n পরমাণু ক্লোরিন=$2n$ পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

বা, 1 পরমাণু হাইড্রোজেন+1 পরমাণু ক্লোরিন=2 পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

সুতরাং 1 পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গাস উৎপন্ন হইতে হইলে $\frac{1}{2}$ পরমাণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ পরমাণু ক্লোরিন লাগিবে। কিন্তু ডাল্টনের তত্ত্বানুযায়ী কোন পরমাণুরই অর্ধাংশ সম্ভব নয় ; কারণ, পরমাণু অবিভাজ্য।

অতএব এই সূত্রটি ডাল্টনীয় মতবাদের দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায় না।

এই সূত্রটি ব্যাখ্যা করার জন্য, ডাল্টনীয় মতবাদের সংশোধন ও পরিবর্ধন প্রয়োজন। এই সংশোধন ও পরিবর্ধন করেন **অ্যাভোগাড্রো** এবং তাঁহার প্রস্তাবিত

সংশোধন **'অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প'** (Avogadro's Hypothesis) নামে খ্যাত। (তৃতীয় অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য)

ডাল্টনের পরমাণুবাদের অবদান ঃ

● ডাল্টনের পরমাণুবাদ যথার্থ বৈজ্ঞানিক ভিত্তিতে ও পরীক্ষার ভিত্তিতে প্রথম পরমাণুর কল্পনাকে প্রতিষ্ঠিত করে।

● ডাল্টনের পরমাণুবাদ, যথার্থ যুক্তিসহ ভিত্তিতে প্রথম চারিটি রাসায়নিক সংযোগসূত্রের ব্যাখ্যা উপস্থাপন করে।

● ডাল্টনের পরমাণুবাদই সর্বপ্রথম মৌলগুলির পরমাণুগুলির মধ্যে একটি তুলনামূলক ওজন নির্ণয় বাস্তবে সম্ভব করিয়া তোলে। ফলে, নিখুঁত পারমাণবিক ওজন নির্ণয় রাসায়নিকদের দৃষ্টি আকর্ষণ করে ও বিশ্লেষণী রসায়নের প্রভূত উন্নতি হয়। অবশ্য, ডাল্টনীয় তত্ত্বের ত্রুটি ও সীমাবদ্ধতার জন্য অনেকক্ষেত্রে ডাল্টনের অনুমানের উপর নির্ণীত পারমাণবিক ওজনগুলি পরবর্তীকালে সংশোধিত হইয়াছে।

● ডাল্টনের পরমাণুবাদকে ভিত্তি করিয়া যৌগে উপাদানগুলির উপস্থিত পরমাণু সংখ্যা নির্ণীত হয়; ফলে যৌগের সংকেত (formula), রাসায়নিক সমীকরণ (chemical equations) ও নানা নির্ভুল রাসায়নিক গণনা প্রণালী সৃষ্টি সম্ভব হইয়াছে।

● ডাল্টনের পরমাণুবাদ হইতে—পরমাণুই সকল পদার্থের মূল জনক, এই ধারণাটি রসায়নের নানা শাখার বিচ্ছিন্নতাকে একটি ঐক্যবদ্ধ বৈজ্ঞানিক ভিত্তিতে প্রতিষ্ঠিত করে। বস্তুত রসায়নকে গাণিতিক ভিত্তিতে প্রথম সুদৃঢ়ভাবে প্রতিষ্ঠিত করেন ডাল্টন; এই অর্থে তিনি আধুনিক রসায়নের জনক।

ডাল্টনের পরমাণুবাদের ত্রুটি ও অসম্পূর্ণতা ঃ

● ডাল্টন মৌল ও যৌগ উভয় ক্ষেত্রেই পরম কণাকে পরমাণু বলিয়া কল্পনা করিয়াছিলেন। এই ধারণাটি ত্রুটিপূর্ণ। মৌলের চূড়ান্ত বিভাজনে যে পরমাণুগুলি পাওয়া যায় উহারা পরস্পর সদৃশ ও প্রত্যেকটিই মৌলের ধর্ম বহন করে। কিন্তু যৌগের চূড়ান্ত বিভাজনে পরমাণু পাওয়া গেলেও, উহারা বিসদৃশ এবং একক ভাবে কোনটিই যৌগের ধর্ম বহন করে না। যৌগের ধর্ম বহন করে যে ক্ষুদ্রতম কণাগুলি, উহারা অণু (molecule)। উহারা একাধিক—এক বা বিভিন্ন প্রকারের পরমাণুর মিলনে উৎপন্ন হয়। অণুর এই ধারণাটি পরবর্তীকালে বিশদ ব্যাখ্যা করেন অ্যাভোগাড্রো।

● ডাল্টন পরমাণুকে অবিভাজ্য কল্পনা করিয়াছিলেন। আধুনিক বিজ্ঞান প্রমাণ করিয়াছে, প্রতি পরমাণুই পরমাণু অপেক্ষাও ক্ষুদ্রতর বস্তুকণা—ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন যোগে গঠিত।

● ডাল্টনের ধারণা ছিল, একই ওজনের পরমাণু একই মৌলের ধর্ম বহন করে। আধুনিক বিজ্ঞানে, আইসোটোপের* (isotope) আবিষ্কার প্রমাণ করিয়াছে, যদি পরমাণু-ক্রমাংক (atomic number) বা ইলেকট্রন সংখ্যা (বা প্রোটন সংখ্যা) এক হয় তাহা হইলে বিভিন্ন পারমাণবিক ওজনযুক্ত পরমাণুও একই মৌলের ধর্ম বহন করিয়া থাকে।

● ডাল্টনের ধারণা ছিল বিভিন্ন ওজনের পরমাণু হইলেই উহা বিভিন্ন মৌলধর্ম বহন করে ; বা বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি সর্বদাই ওজনে বিভিন্ন। আধুনিক বিজ্ঞানে, আইসোবারের † (isobar) অস্তিত্ব আবিষ্কারে প্রমাণিত হইয়াছে, বিভিন্ন পরমাণুক্রমাংকযুক্ত দুইটি পরমাণু মৌলধর্মে ভিন্ন হইয়াও উহাদের পারমাণবিক ওজনগুলি একই থাকিতেও পারে।

● ডাল্টনের প্রস্তাবনা ছিল, যৌগে বিভিন্ন শ্রেণীর পরমাণুর সংখ্যানুপাত একটি সরল অনুপাত। আধুনিক রসায়নে, এক বিশেষ শ্রেণীর যৌগিক পাওয়া যায়, যাহাতে বিভিন্ন শ্রেণীর পরমাণুর অনুপাতগুলি ভগ্নাংশেও বিরাজ করে, যেমন $LaH_{1\cdot 57}$, ইত্যাদি। এই যৌগগুলিকে, **'আন্তর্পরিসর যৌগিক'** (interstial compound) বলা হয়।

● কেবলমাত্র ডাল্টনের পরমাণুবাদকে ভিত্তি করিয়া, সঠিক পারমাণবিক ওজন ও সঠিক যৌগ সংকেত নির্ণয় করা যায় না।

● ডাল্টনের পরমাণুবাদ, গ্যাসায়তন সূত্র ব্যাখ্যা করিতে পারে না।

পরমাণুর প্রকৃত ওজন (Absolute weight of an atom) :

পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা—পরমাণু। পদার্থমাত্রেরই নিজস্ব ওজন থাকে। অতএব, প্রতি পরমাণুরও অবশ্যই একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। কিন্তু এই ওজন এত ক্ষুদ্র যে, কোন তুলাযন্ত্রে উহাকে মাপা অসম্ভব। লঘুতম পরমাণু, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন $1{\cdot}67 \times 10^{-24}$ গ্রাম মাত্র। একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন ·0000000000000000000000265 গ্রাম। পৃথিবীর স্থায়ী মৌলের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ভারী মৌল ইউরেনিয়ামের একটি পরমাণুর ওজন ·0000000000000000000000039 গ্রাম।

বলাই বাহুল্য একটি পরমাণুকে তুলাযন্ত্রে ওজন করিতে হইলে প্রচলিত অর্থে, এত ক্ষুদ্র বাটখারা মিলিবে না। পরমাণু ওজনে একমাত্র পরমাণুই বাটখারা হইতে পারে।

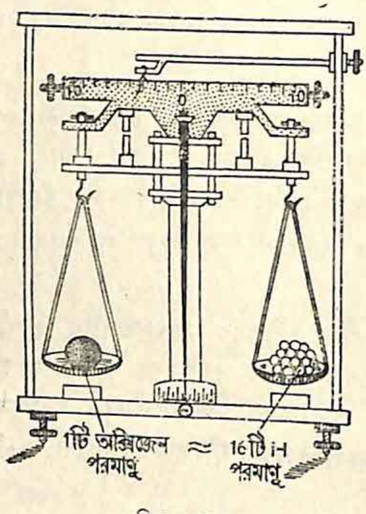
---

* বিভিন্ন পারমাণবিক ওজনযুক্ত কিন্তু একই পরমাণু ক্রমাংক সহ একটি মৌলের একই রাসায়নিক ধর্ম সম্পন্ন পরমাণুগুলিকে পরস্পরের 'আইসোটোপ' বলা হয়।

† বিভিন্ন পরমাণু ক্রমাংক কিন্তু একই পারমাণবিক ওজন সম্পন্ন বিভিন্ন মৌল-পরমাণুগুলিকে পরস্পরের 'আইসোবার' বলা হয়।

পারমাণবিক ওজন (Atomic weight) :

ধরা যাক্ কোন তুলাযন্ত্রে এক পাল্লায় একটি অক্সিজেন পরমাণু রাখা হইল। অন্য পাল্লায় বাটখারা রূপে একটি একটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণু, ওজন করার জন্য ব্যবহার করা হইতে লাগিল। দেখা যাইবে, সম্পূর্ণ করিতে প্রায় 16টি হাইড্রোজেন পরমাণু লাগিবে। অতএব, অক্সিজেন পরমাণু হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় প্রায় (≃) 16 গুণ ভারী (চিত্র নং 2·8)। অনুরূপভাবে, একটি ইউরেনিয়ম পরমাণু ওজন করিলে দেখা যায়, উহা হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে প্রায় (≃) 238 গুণ ভারী।



চিত্র নং 2.8

এখন একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনকে একক ধরিয়া লইলে, ইহার আপেক্ষিকে অক্সিজেন পরমাণুর ওজন ≃ 16, ইউরেনিয়ম পরমাণুর ওজন ≃ 238। এই আপেক্ষিক ওজনগুলিকে যথাক্রমে 'অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন' ও 'ইউরেনিয়মের পারমাণবিক ওজন' বলা হয়।

হাইড্রোজেনকে এইভাবে একক ধরার পরিবর্তে আধুনিক রসায়নে অক্সিজেন পরমাণুর ওজনকে 16·0000 ধরিয়া লওয়া হয়। ইহার আপেক্ষিকে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন দাঁড়ায় 1·008, ইউরেনিয়মের পারমাণবিক ওজন দাঁড়ায় 239। অক্সিজেন পরমাণুকে এইভাবে একক রূপে ব্যবহার করার সুবিধা এই যে, এইভাবে নির্ণীত বিভিন্ন পরমাণুর পারমাণবিক ওজনগুলির অধিকাংশই পূর্ণসংখ্যা বা উহার কাছাকাছি হয়। সম্প্রতি অক্সিজেন পরমাণুকে একক ধরার পরিবর্তে, একটি কার্বন পরমাণুকে* 12·0000 একক রূপে ব্যবহার করা আন্তর্জাতিকভাবে অনুমোদিত হইয়াছে।

পারমাণবিক ওজনকে প্রকাশ করা হয় 'পারমাণবিক ভর একক' (atomic unit) বা সংক্ষেপে a. m. u দ্বারা।

1 a. m. u $= \frac{1}{16} \times$ অক্সিজেনের 1 পরমাণুর ভর

সুতরাং অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন = 16 a. m. u.

অনুরূপভাবে, হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন = 1·008 a. m. u.

* কার্বনের লঘুতম পরমাণু

পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা (Definition of Atomic Weight) **:**

● **একটি পরমাণুর ওজন, $\frac{1}{16}$ অক্সিজেনের পরমাণুর (বা $\frac{1}{12}$ কার্বন পরমাণুর) ওজনের তুলনায় যে পরিমাণ ভারী, সেই অনুপাতকে পারমাণবিক ওজন বলা হয়।**

● **পরমাণুর ওজনের যে ক্ষুদ্রতম গুণিতক রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, অংশ গ্রহণ করে, উহাই তাহার পারমাণবিক ওজন।**

গ্রাম-পরমাণু (Gram-atom) **:**

পারমাণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করিলে, গ্রাম-পরমাণু (Gram-atom) পাওয়া যায়। যথা 1 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন = 16 গ্রাম অক্সিজেন ; 1 গ্রাম-পরমাণু হাইড্রোজেন = 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে পরে জানা যায় যে, যে-কোন মৌলেরই 1 গ্রাম-পরমাণুতে একই নিত্য সংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকে। এই নিত্য সংখ্যাটি $6{\cdot}02 \times 10^{23}$।

এই সংজ্ঞা হইতে, গণনার পক্ষে বিশেষ প্রয়োজনীয় দুইটি অনুসিদ্ধান্ত করা যায়—

● দুইটি মৌলের সম-সংখ্যক পরমাণু লইলে, মৌল দুইটির ওজন পারমাণবিক ওজনগুলির প্রত্যক্ষ সমানুপাতে (directly proportional) হইবে।

● দুইটি মৌলের সমান ওজন হইলে, উহাদের মধ্যে পরস্পরের পরমাণুসংখ্যাগুলি যথাক্রমে পারমাণবিক ওজনগুলির ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional) হইবে।

রাসায়নিক গণনার ক্ষেত্রে প্রায়শঃ ব্যবহৃত হয় এমন কয়েকটি সাধারণ মৌলের পারমাণবিক ওজন নিম্নের তালিকায় দেখান হইল।

তালিকা

মৌল	পারমাণবিক ওজন	মৌল	পারমাণবিক ওজন
H	1	S	32
C	12	Cl	35·5
N	14	K	39
O	16	Fe	56
F	19	Cu	63.3
Na	23	Zn	65.5
Mg	24	Ag	108
Al	27	I	127

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলীর গাণিতিক উদাহরণ

1. স্থিরানুপাত সূত্র ঃ

(1) কোন রাসায়নিক পরীক্ষাকালে দেখা গেল 0·7 গ্রাম Fe-এর সহিত 0·4 গ্রাম S-এর প্রত্যক্ষ সংযোগে, ফেরাস সালফাইড (FeS) উৎপন্ন হইল ; আবার, 2·8 গ্রাম Fe, লঘু H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া, পরে অতিরিক্ত সোডিয়াম সালফাইড (Na_2S)-দ্রবণ যুক্ত করিয়া 4·4 গ্রাম FeS পাওয়া গেল। প্রমাণ কর, এই পরীক্ষা-ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

প্রথম ক্ষেত্রে, সংযোজন অনুপাত $\frac{Fe}{S}=\frac{0·7}{0·4}=\frac{7}{4}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, 2·8 গ্রাম Fe, 4·4 গ্রাম FeS উৎপন্ন করে।

∴ দ্বিতীয় ক্ষেত্রে সংযুক্ত S-এর পরিমাণ = 4·4 − 2·8 বা 1·6 গ্রাম।

অতএব দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, সংযোজন অনুপাত $\frac{Fe}{S}=\frac{2·8}{1·6}=\frac{7}{4}$

উভয় ক্ষেত্রে প্রাপ্ত একই অনুপাত, স্থিরানুপাত সূত্র প্রমাণ করে।

(2) 5·58 গ্রাম সমুদ্রজলের বিশ্লেষণে 0·62 গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। 1·83 গ্রাম বৃষ্টিজলের বিশ্লেষণে 1·68 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়। 1·25 গ্রাম হাইড্রোজেনকে অতিরিক্ত বায়ুতে দহন করিয়া 11·24 গ্রাম জল পাওয়া যায়। এই বিশ্লেষণ ফলগুলি কি কোন রাসায়নিক সংযোগসূত্র অনুসরণ করিতেছে? করিলে, উহা কোন সূত্র? সূত্রটি বিবৃত কর।

	H-এর গ্রাম-পরিমাণ	O-এর গ্রাম-পরিমাণ
সমুদ্রজলে	·62	(5·58 − ·62) বা 4·96
বৃষ্টিজলে	(1·83 − 1·68) বা 0·21	1·68
দহনজাত জলে	1·25	(11·24 − 1·25) বা 9·99

অতএব সমুদ্রজলে, 1 গ্রাম H-এর সহিত যুক্ত অক্সিজেন $\frac{4·96}{0·62}$ বা 0·9032 গ্রাম

বৃষ্টিজলে, " " " " " $\frac{1·68}{0·21}$ বা 0·9031 গ্রাম

দহনজাত জলে, " " " " " $\frac{9·99}{1·25}$ বা 0·9016 গ্রাম

অতএব, তিনটি ক্ষেত্রে তিনটি বিভিন্ন উৎসজাত একই যৌগ-জলে, একই পরিমাণ হাইড্রোজেন, একই বা নিত্য পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

অতএব, এই বিশ্লেষণগুলি, পদার্থের উপাদানের নিত্যতাসূত্র বা স্থিরানুপাত সূত্র অনুসরণ করিতেছে।

সূত্র ঃ নির্দিষ্ট রাসায়নিক গুণসম্পন্ন একটি যৌগে উপাদান মৌলগুলি সর্বদাই এক থাকে এবং ঐ মৌলগুলির পারস্পরিক ওজনের পরিমাণও সর্বদাই নির্দিষ্ট থাকে।

(3) একটি ধাতুর কার্বনেটে 52% ধাতু আছে। ঐ ধাতুটি 0·65 গ্রাম উত্তপ্ত করিলে 0·81 গ্রাম ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়। স্থিরানুপাত সূত্র অনুসারে, গণনা কর—ঐ ধাতুর 1 গ্রাম কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে, কত গ্রাম পূর্বোক্ত ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হইবে।

0·81 গ্রাম ধাতব অক্সাইডে ধাতুর পরিমাণ = 0·65 গ্রাম

∴ অক্সিজেনের পরিমাণ = (0·81 − 0·65) বা 0·16 গ্রাম

সুতরাং ধাতব অক্সাইডে ধাতু : অক্সিজেন = 0·65 : 0·16

আবার, ধাতব কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ = 52%

∴ 1 গ্রাম „ „ „ „ = 0·52 গ্রাম

এই 0·52 গ্রাম ধাতু, ধরা যাক্ x গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, $0{\cdot}52+x$ গ্রাম ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন করিবে।

স্থিরানুপাত সূত্র অনুসারে, যেহেতু দুইটি ক্ষেত্রেই উৎপন্ন ধাতব অক্সাইড অভিন্ন, অতএব উভয় ক্ষেত্রেই ধাতু : অক্সিজেন অনুপাত নিত্য থাকিবে।

অর্থাৎ, $$\frac{0{\cdot}65}{0{\cdot}16}=\frac{0{\cdot}52}{x}$$

$$\therefore \quad x=\frac{0{\cdot}52\times 0{\cdot}16}{0{\cdot}65}=\frac{0{\cdot}0832}{0{\cdot}65}=0{\cdot}128 \text{ গ্রাম}$$

অতএব, উৎপন্ন অক্সাইডের পরিমাণ = 0·520 + 0·128 গ্রাম বা 0·648 গ্রাম।

(4) কোন একটি ধাতুর 0·12 গ্রাম লইয়া বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে 0·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়; এই ধাতুর কার্বনেট এবং নাইট্রেট লবণে যথাক্রমে 28·5% এবং 16·2% এবং 16·2% ধাতু আছে। কার্বনেট ও নাইট্রেট লবণের প্রতিটির 1·00 গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ অক্সাইড দুই ক্ষেত্রে পাওয়া যাইবে তাহা স্থিরানুপাত সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় কর।

0·12 গ্রাম ধাতু হইতে 0·20 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া যায়;

∴ 0·12 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হওয়া অক্সিজেনের ওজন = 0·20 − 0·12 গ্রাম বা 0·08 গ্রাম।

$$\therefore \quad \text{উহাতে, } \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{0{\cdot}12}{0{\cdot}08}=\frac{3}{2}$$

এই ধাতব অক্সাইড যে ভাবেই উৎপন্ন করা হোক না কেন উহাতে ধাতুর ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদা 3 : 2 থাকিবে।

100·00 গ্রাম ওজনের ধাতব কার্বনেটে ধাতুর ওজন = 28·5 গ্রাম

∴ 1 „ „ „ „ „ „ = 0·285 গ্রাম

এই পরিমাণ ধাতু হইতে যে ধাতব অক্সাইড পাওয়া যাইবে, স্থিরানুপাত সূত্র অনুসারে তাহাতেও $\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{3}{2}$

ধরা যাক্, এক্ষেত্রে ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=x_1$ গ্রাম

অতএব, সর্তানুসারে $\frac{0{\cdot}285}{x_1}=\frac{3}{2}$

$\therefore\ x_1=\frac{0{\cdot}285\times 2}{3}=0{\cdot}190$ গ্রাম

$\therefore$ ঐ ধাতব কার্বনেট হইতে উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন $=0{\cdot}285+0{\cdot}190$
$=0{\cdot}475$ গ্রাম।

অনুরূপে,

1 গ্রাম ধাতব নাইট্রেটে ধাতুর ওজন 0·162 গ্রাম এবং উহার সহিত ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন করার জন্য যুক্ত অক্সিজেনের ওজন x_2 গ্রাম হইলে,

$\frac{0{\cdot}162}{x_2}=\frac{3}{2}$, বা, $x_2=0{\cdot}108$ গ্রাম।

$\therefore$ ঐ ধাতব নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন $=0{\cdot}162+0{\cdot}108$
$=0{\cdot}270$ গ্রাম।

(5) ZnS এবং $Zn\,(NO_3)_2$ হইতে প্রাপ্ত ZnO-কে H_2 দ্বারা বিজারিত করিলে দেখা যায় যে প্রথম নমুনার 2·00 গ্রাম হইতে 1 6 গ্রাম Zn এবং দ্বিতীয় নমুনায় 1·6 গ্রাম হইতে 1·3 গ্রাম ধাতব Zn পাওয়া যায়। এই পরীক্ষা স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে দেখাও।

প্রথম নমুনার ZnO এর 2 গ্রাম হইতে প্রাপ্ত Zn-এর ওজন $=1{\cdot}6$ গ্রাম

$\therefore$ O_2 এর ওজন $=(2-1{\cdot}6)$ গ্রাম $=0{\cdot}4$ গ্রাম

$\therefore\ \frac{\text{Zn এর ওজন}}{O_2\text{ এর ওজন}}=\frac{1{\cdot}6}{0{\cdot}4}=\frac{4}{1}$

অনুরূপে, দ্বিতীয় নমুনায় ZnO $=1{\cdot}6$ গ্রাম
এবং Zn $=1{\cdot}3$ গ্রাম

$\therefore$ O_2 এর ওজন $=(1{\cdot}6-1{\cdot}3)$ গ্রাম $=0{\cdot}3$ গ্রাম

$\therefore\ \frac{\text{Zn এর ওজন}}{O_2\text{ এর ওজন}}=\frac{1{\cdot}3}{0{\cdot}3}=\frac{4}{1}$ (প্রায়)

সুতরাং ইহা স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

2. গুণানুপাত সূত্র ঃ

(1) আয়রণ (Fe) দুইটি অক্সাইড যৌগ, ফেরাস অক্সাইড ও ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। ফেরাস অক্সাইড ও ফেরিক অক্সাইডে যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ

যথাক্রমে 22·22% এবং 30%। প্রমাণ কর এই পরীক্ষা-ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

	%O	%Fe	Fe/O অনুপাত
ফেরাস অক্সাইডে	22·22	77·78	$\frac{77·78}{22·22}=3·50$
ফেরিক অক্সাইডে	33·00	70·00	$\frac{7·000}{30·00}=2·33$

অতএব, প্রতিটি অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত Fe-এর পরিমাণ

$$\frac{3·50}{2·33}=\frac{1·5}{1}=3:2$$

সুতরাং গুণানুপাত সূত্রটি সমর্থিত ও প্রমাণিত হইল।

(2) একটি ধাতু দুইটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। ঐ অক্সাইডগুলির প্রতিটি 1 গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করিলে, যথাক্রমে 0·798 এবং 0·888 গ্রাম ধাতু পাওয়া গেল। এই পরীক্ষাফল যে গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে তাহা দেখাও।

(ইঞ্জিনিয়ারিং এণ্ট্রান্স পরীক্ষা : 1978)

প্রথম অক্সাইডের 1 গ্রামে, ধাতুর পরিমাণ = 0·798 গ্রাম

অতএব, অক্সিজেনের পরিমাণ = 1 − 0·798 = 0·202 গ্রাম

সুতরাং, প্রথম অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর পরিমাণ :

$\frac{0·798}{0·202}$ গ্রাম, বা 3·95 গ্রাম

দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রামে, ধাতুর পরিমাণ = 0·888 গ্রাম

অতএব, অক্সিজেনের পরিমাণ = 1 − 0·888 = 0·112 গ্রাম

সুতরাং, দ্বিতীয় অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর

পরিমাণ = $\frac{0·888}{0·112}$ গ্রাম, বা 7·9 গ্রাম

সুতরাং অক্সাইড দুইটিতে, একই ওজন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর পরিমাণগুলির অনুপাত, 3·95 : 7·90 বা 1 : 2, অর্থাৎ অনুপাতটি সরল অনুপাত।

সুতরাং, প্রদত্ত পরীক্ষাফল, গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

(3) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌলের সাধারণ বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন হয় ; আবার ঐ মৌল দুইটিতে, উচ্চ মাত্রার তড়িৎ মোক্ষণযোগে বিক্রিয়া ঘটাইলে, হাইড্রোজেন পারক্সাইড নামক যৌগ উৎপন্ন হয়। জলের বিশ্লেষণ ফল, 11·2% হাইড্রোজেন এবং 88·8% অক্সিজেন ; হাইড্রোজেন পারকসাইডের বিশ্লেষণ ফল, 5·93% হাইড্রোজেন এবং 94·07% অক্সিজেন। এই বিশ্লেষণফলগুলি যে গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক, তাহা দেখাও।

জলে—

11·2 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় 88.8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

∴ 1·00 „ „ „ „ $\frac{88·8}{11·2}$ বা 7·93 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

হাইড্রোজেন পারক্সাইডে—

5·93 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় 94·07 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

∴ 1·00 „ „ „ „ $\frac{94·07}{5·93}$ বা 15·9 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

অতএব দুইটি যৌগে একই ওজন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজনগুলির অনুপাত 7·93 : 15·9 বা 1 : 2 অর্থাৎ একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং, প্রদত্ত বিশ্লেষণফলগুলি গুণানুপাত সূত্র প্রমাণিত করে।

(4) অ্যামোনিয়া যৌগের মধ্যে 17·76% হাইড্রোজেন এবং 82·24% নাইট্রোজেন থাকে। আবার 3·77 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত 26·23 গ্রাম নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় 30·00 গ্রাম হাইড্রাজিন (hydrazine) উৎপন্ন হয়। দেখাও যে এই পরীক্ষাফলগুলি গুণানুপাত সমর্থন করে।

অ্যামোনিয়ায়—

17·76 গ্রাম হাইড্রোজেন 82·24 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়

∴ 1 গ্রাম „ $\frac{82·24}{17·76}$ বা 4·6 গ্রাম „ „

হাইড্রাজিনে—

3·77 গ্রাম „ 26·23 গ্রাম „ „

∴ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন $\frac{26·23}{3·77}$ বা 6·9 গ্রাম „ „

অতএব, দুইটি যৌগে একই ওজন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজনগুলির অনুপাত 4·6 : 6·0 বা 2 : 3 অর্থাৎ একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং, প্রদত্ত পরীক্ষাফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

(5) লেডের তিনটি অক্সাইড যৌগ হয় যথা,—লিথার্জ, লেড পারক্সাইড ও রেড লেড। এই তিনটি যৌগের বিশ্লেষণ ফল

	লেডের পরিমাণ	অক্সিজেনের পরিমাণ
লিথার্জ :	1·293 গ্রাম	0·1900 গ্রাম
লেড পারক্সাইড :	1·882 গ্রাম	0·2910 গ্রাম
রেড লেড :	1·552 গ্রাম	0·1600 গ্রাম

দেখাও যে এই বিশ্লেষণ ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

লিথার্জে : 0·1000 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 1·293 গ্রাম লেডের সহিত
বা, 1 " " " " 12·93 " " "
লেড পারকসাইডে : 0·2910 " " " " 1·882 গ্রাম " "
বা 1 " " " " $\frac{1·882}{0·2910}$ গ্রাম
বা 6·46 গ্রাম লেডের সহিত
রেড লেডে : 0·1600 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 1·552 গ্রাম " "
বা 1 " " " " $\frac{1·552}{0·1600}$ বা 9·69 গ্রাম " "

অতএব, তিনটি অক্সাইডে একই ওজন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত লেডের ওজনগুলির অনুপাত : 12·93 : 6·46 : 9·69 বা 4 : 2 : 3 অর্থাৎ একটি সরল অনুপাত।
অতএব, বিশ্লেষণফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

(6) কোন ধাতুর দুইটি অক্সাইড 'a' এবং 'b' হাইড্রোজেন প্রবাহে স্থির ওজন না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া প্রত্যেক ক্ষেত্রে উৎপন্ন জল সংগৃহীত করিয়া ওজন করা হইল। যদি 2 গ্রাম 'a' 0·2517 গ্রাম জল এবং 1 গ্রাম 'b' 0·2264 গ্রাম জল উৎপন্ন করে তাহা হইলে দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

0 2517 গ্রাম জলে O_2 এর পরিমাণ $=0·2517\times\frac{8}{9}$ গ্রাম $=0·2238$ গ্রাম এবং
0·2264 গ্রাম " O_2 " " $=0·2264\times\frac{8}{9}$ গ্রাম $=0·2313$ গ্রাম

এখন, 2 গ্রাম 'a' অক্সাইডে 0·2238 গ্রাম O_2 আছে।
∴ উহাতে ধাতুর পরিমাণ $=(2-0·2238)$ গ্রাম $=1·7762$ গ্রাম
∴ উহাতে 1 গ্রাম O_2 যুক্ত হয় $\frac{1·7762}{0·2238}$ গ্রাম বা 7·934 গ্রাম ধাতুর সহিত।

আবার 'b' যৌগে ধাতুর পরিমাণ $=(1·00-0·2013)$ গ্রাম $=0·7917$ গ্রাম
∴ 'b' যৌগে 1 গ্রাম O_2 যুক্ত হয় $\frac{0·7987}{0·2013}$ গ্রাম বা 3·967 গ্রাম ধাতুর সহিত।

∴ 'a' ও 'b' যৌগের প্রত্যেকটিতে 1 গ্রাম O_2-এর সহিত যুক্ত হওয়া ধাতুর ওজনের অনুপাত 7·934 : 3·967 বা 2 : 1 এবং ইহা গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

3. মিথোনুপাত সূত্র :

(1) কার্বন,—সালফার ও অক্সিজেনের সহিত পৃথক পৃথক ভাবে কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) এবং কার্বন ডায়কৃসাইড (CO_2) উৎপন্ন করে। সালফার এবং

অক্সিজেন যুক্ত হইয়া সালফার ডায়কসাইড (SO_2) ও সালফার ট্রায়কসাইড (SO_3) উৎপন্ন করে ; প্রমাণ কর, এই যৌগগুলি—মিথোনুপাত সূত্র অনুসরণ করে।

[পারমাণবিক ওজন : C – 12, S – 32, O – 16]

CS_2 তে উপাদানগুলির ওজন অনুপাত, C : S = 3 : 16

CO_2 তে উপাদানগুলির ওজন অনুপাত, C : O = 3 : 8

মিথোনুপাত সূত্র অনুসারে 16 ভাগ সালফার, 8 ভাগ অথবা 8 ভাগের কোন গুণিতক পরিমাণে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারে।

SO_2 তে উপাদানগুলির ওজন অনুপাত, S : O = 32 : 32 বা 16 : 16

SO_3 তে উপাদানগুলির ওজন অনুপাত, S : O = 32 : 48 বা 16 : 24

অর্থাৎ অক্সাইড দুইটিতে 16 ভাগ সালফার যথাক্রমে 2×8 ভাগ (8-এর গুণিতক) এবং 3×8 ভাগ (8-এর গুণিতক) অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

অতএব, মিথোনুপাত সূত্রটি অনুসৃত হইয়াছে।

(2) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই তিনটি মৌল হইতে উৎপন্ন কয়েকটি যৌগের বিশ্লেষণ ফল নিম্নরূপ :

মিথেন	কার্বন মনোক্সাইড	জল
C—75%	C—42·86%	H—11·11%
H—25%	O—57·14%	O—88·89%

দেখাও যে এই বিশ্লেষণ ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্রের সমর্থক।

মিথেনে, 75 গ্রাম কার্বন, 25 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়

অতএব, 1 " " $\frac{25}{75}$ বা 0·33 " " " " "

কার্বন মনোক্সাইডে 42·86 গ্রাম কার্বন, 57·14 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব, 1 গ্রাম কার্বন $\frac{57 \cdot 14}{42 \cdot 86}$ বা 1·33 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব, একই ওজন কার্বনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত 0·33 : 1·33 বা 1 : 4।

মিথোনুপাত সূত্রানুসারে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে উৎপন্ন যৌগের অনুপাত হওয়া উচিৎ $x \times 1 : y \times 4$ (x এবং y সরল গুণিতক)।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে উৎপন্ন জলে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের প্রদত্ত প্রকৃত অনুপাত 11·11 : 88·89 বা 1 : 8, বা 1 : 2×4, (অর্থাৎ $x=1$, $y=2$)।

সুতরাং প্রদত্ত বিশ্লেষণ ফলগুলি, মিথোনুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

(3) সালফার ডায়কসাইডে অক্সিজেনের পরিমাণ 50% ; জলে হাইড্রোজেনের পরিমাণ 11·11% ; সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনে সালফারের পরিমাণ 94·1%। এই

পরীক্ষা-ফলগুলি কোন্ রাসায়নিক সংযোগ সূত্র সমর্থন করিতেছে? সূত্রটি কি বিবৃত কর।

সালফার ডায়ক্সাইডে সালফারের পরিমাণ 50%, অতএব অক্সিজেনের পরিমাণ (100 – 50) বা 50%

50 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 50 গ্রাম সালফারের সহিত

∴ 1 গ্রাম " " " 1 গ্রাম " "

জলে হাইড্রোজেনের পরিমাণ 11·11%, অতএব অক্সিজেনের পরিমাণ (100 – 11·11) বা 88·89%

88·89 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়, 11·11 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত

∴ 1 গ্রাম " " " $\frac{11 \cdot 11}{88 \cdot 89}$ বা $\frac{1}{8}$ গ্রাম " "

অর্থাৎ পূর্বোক্ত যৌগ দুইটিতে একই ওজন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেন ও সালফারের অনুপাত $\frac{1}{8}$: 1 বা 1 : 8।

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের, মিথোনুপাত সূত্রানুসারে, এখন হাইড্রোজেন ও সালফারের মধ্যে যৌগ উৎপন্ন হইলে, উহাতে হাইড্রোজেন ও সালফারের প্রত্যাশিত অনুপাত 1 : 8 বা $x \times 1 : 8 \times y$ (x এবং y সকল গুণিতক)।

সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের বিশ্লেষণ ফলে, সালফারের প্রদত্ত অনুপাত 94·1% ; অতএব হাইড্রোজেনের অনুপাত (100 – 94·1) বা 5·9%

অর্থাৎ 5·9 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় 94·1 গ্রাম সালফারের সহিত

সুতরাং হাইড্রোজেন ও সালফারের অনুপাত 5·9 : 94·1 বা 1 : 16, বা 1×1 : 8×2 (অর্থাৎ $x=1$, $y=2$)

সুতরাং, প্রদত্ত বিশ্লেষণ ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্রকে সমর্থন করিতেছে।

সূত্র : যদি দুইটি মৌল পৃথক পৃথক ভাবে অপর একটি তৃতীয় মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া নির্দিষ্ট যৌগ উৎপন্ন করে, তাহা হইলে ঐ তৃতীয় মৌলটির একটি নির্দিষ্ট ওজনের সহিত ঐ দুইটি মৌল যে ওজনের অনুপাতে যুক্ত হয়—সেই ওজনের অনুপাতে বা ঐ অনুপাতের সরল গুণিতকের অনুপাতে ঐ দুইটি মৌল পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ উৎপন্ন করে।

4. গ্যাসানুপাত সূত্র :

(1) 75 সি. সি. নাইট্রোজেনের সহিত 300 সি. সি. হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায়, (নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়াছে ধরিয়া লইয়া) উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার আয়তন কত হইবে? বিক্রিয়ার শেষে কি কি গ্যাস বর্তমান থাকিবে এবং উহাদের মিশ্র আয়তন কি? (সকল গ্যাসই N. T. P.'তে আছে)।

বিক্রিয়া : $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

গ্যাসায়তন সূত্র অনুসারে, 1 আয়তন 3 আয়তন 2 আয়তন

∴ 75 সি.সি. 3×75 সি.সি. 2×75 সি.সি.

অর্থাৎ 75 সি. সি. নাইট্রোজেন, (3×75) বা 225 সি. সি. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, (2×75) বা 150 সি. সি. অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিবে।

স্থতরাং উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ = 150 সি. সি.

কিন্তু গৃহীত হাইড্রোজেনের পরিমাণ = 300 সি. সি.

নাইট্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের পরিমাণ 225 সি. সি. অর্থাৎ, $(300-225)$ সি. সি. বা 75 সি. সি. হাইড্রোজেন অতিরিক্ত থাকিবে। অতএব বিক্রিয়ার শেষে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া 150 সি. সি. এবং অতিরিক্ত হাইড্রোজেন 75 সি.সি. মিশ্ররূপে অবশিষ্ট থাকিবে, এবং গ্যাস মিশ্রটির আয়তন হইবে $(150+75)$ বা 225 সি. সি.।

(2) 500 সি. সি CO_2 লইয়া অতিতপ্ত কার্বনের উপর চালনা করা হইল। উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন 700 সি. সি। উৎপন্ন গ্যাসে, কি কি গ্যাস কত কত পরিমাণে আছে নির্ণয় কর। (সকল গ্যাসই N. T. P'তে আছে)।

বিক্রিয়াটি $CO_2 + C = 2CO$

গ্যাসায়তন স্থত্রানুসারে 1 আয়তন $\downarrow$ ... $\downarrow$ 2 আয়তন

যদি সমস্ত CO_2, CO'তে পরিবর্তিত হইত—উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন হইত—2×500 বা 1000 সি. সি। কিন্তু উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন 700 সি. সি। অতএব উৎপন্ন শেষ গ্যাসে অপরিবর্তিত CO_2 গ্যাসও থাকিবে।

ধরা যাক্ CO_2 গ্যাসের যে অংশ পরিবর্তিত হইবে উহার পরিমাণ x সি. সি; অতএব উৎপন্ন CO হইবে $2x$ সি. সি; স্থতরাং শেষ গ্যাসে $500-x$ সি. সি CO_2 ও $2x$ সি. সি CO থাকিবে।

কিন্তু প্রদত্ত সমস্যায়, শেষ গ্যাসের আয়তন 700 সি. সি।

$$\therefore \quad (500-x)+2x=700$$

বা $x=200$ সি. সি।

অতএব অপরিবর্তিত $CO_2=(500-200)$ বা 300 সি. সি।

$\therefore$ উৎপন্ন $CO=2 \times 200$ বা 400 সি. সি।

স্থতরাং উৎপন্ন গ্যাসে 300 সি. সি CO_2 ও 400 সি. সি CO থাকিবে।

[গ্যাসায়তন স্থত্রানুযায়ী অন্যান্য গাণিতিক উদাহরণ 'গ্যাসমিতি' আলোচনায় দ্রষ্টব্য।]

প্রশ্নাবলী

1. ভৌত পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তন কাহাকে বলে ? উহাদের পার্থক্য আলোচনা কর।
2. 'পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র' কি। এই সূত্রটিকে প্রতিষ্ঠিত করার জন্য দুইটি পরীক্ষা বিবৃত কর।
3. (i) কয়লা পুড়িলে অবশিষ্ট ছাই-এর ওজন মূল কয়লার ওজনের অনেক কম হয় ;
   (ii) একখণ্ড টিন দহন করিলে উহা ওজনে বাড়ে ;
   (iii) একটুকরা লোহা আর্দ্র বাতাসে রাখিলে কয়েকদিন পরে মরিচা পড়িয়া উহার ওজন বাড়ে ;
   (iv) একটি টবে গাছের বীজ হইতে উৎপন্ন গাছের ওজন দিনে দিনে বাড়ে :

—এই ফলাফলগুলি কি পদার্থের অবিনাশিতা সূত্রের বিরোধী ?

4. (a) 'স্থিরানুপাত সূত্র'টি বিবৃত কর ও উহার যাথার্থ্য যাচাই করা যায় এমন একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

(b) স্থিরানুপাত সূত্রের বিপরীত সূত্র কি সত্য? উদাহরণসহ আলোচনা কর।

5. 'গুণানুপাত সূত্র'টি বিবৃত কর। গুণানুপাত সূত্র প্রতিষ্ঠিত করার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

6. 'মিথোনুপাত সূত্র' বিবৃত কর ও উহার যাথার্থ্য যাচাই করা যায় এমন একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

7. 'গ্যাসের আয়তন অনুপাত সূত্র' প্রথম কে প্রস্তাব করেন? সূত্রটি কি? উদাহরণ যোগে সূত্রটি বিবৃত কর।

8. 'পরমাণু' কি? ডাল্টনের পরমাণুবাদের মূল প্রস্তাবনাগুলি বর্ণনা কর। ডাল্টনের পরমাণুবাদ যোগে স্থিরানুপাত ও গুণানুপাত সূত্র ব্যাখ্যা কর।

9. গ্যাসায়তন সূত্রকে ডাল্টনের পরমাণুবাদের আলোকে ব্যাখ্যা করা যায় না কেন?

10. ডাল্টনের পরমাণুবাদের অসম্পূর্ণতা ও ত্রুটি কি? একটি সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

11. 'পরমাণুর প্রকৃত ওজন' ও 'পারমাণবিক ওজনে'র মধ্যে পার্থক্য কি? 'পারমাণবিক ভর একক' (a.m.u.) কাহাকে বলে? পারমাণবিক ওজনের ক্ষেত্রে অক্সিজেন পরমাণুকে একক নির্বাচন করা হয় কেন?

12. গ্রাম-পরমাণু কাহাকে বলে? Na, Cl, C, N, Cu—মৌলগুলির 1 গ্রাম-পরমাণু কত? এক গ্রাম-পরমাণুতে কতগুলি করিয়া পরমাণু থাকে?

13. সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাইসালফেট ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। পদার্থের অবিনাশিতা সূত্রকে ভিত্তি করিয়া গণনা কর,—কি পরিমাণ সোডিয়াম ক্লোরাইড 4·9 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 6 গ্রাম সোডিয়াম বাই-সালফেট ও 1·825 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করিবে? [Ans. 2·925 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড]

14. 6·35 গ্রাম কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া, দ্রবণকে বাষ্পীভূত ও অবশেষকে তীব্র-উত্তপ্ত করিয়া 7·95 গ্রাম কপার অক্সাইড (CuO) পাওয়া গেল, আবার সোদক কপার সালফেটের (কপারের শতকরা মাত্রা 25·45%) 24·95 গ্রাম লইয়া উহাকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ-যোগে প্রাপ্ত অধঃক্ষেপ উত্তপ্ত করিয়া অবশেষ রূপে 7·95 গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া গেল।

উপরোক্ত পরীক্ষাফলগুলি যে স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে, তাহা প্রমাণ কর।

15. বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুতীকৃত AgCl যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া নিম্নোক্ত পরীক্ষাফলগুলি পাওয়া গেল—

	সিলভারের ওজন	সিলভার ক্লোরাইডের ওজন
(i)	91·46 গ্রাম	121·50 গ্রাম
(ii)	108·60 গ্রাম	144·31 গ্রাম
(iii)	69·88 গ্রাম	92·91 গ্রাম

এই পরীক্ষাফলগুলি যে স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে তাহা দেখাও।

16. সিলভার ক্লোরাইড যৌগে, 24·74% ক্লোরিন আছে: স্থিরানুপাত সূত্রকে সত্য বলিয়া ধরিলে 15 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম সিলভার প্রয়োজন? [Ans. 11·90 গ্রাম (প্রায়)]

17. 0·936 গ্রাম জিংককে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া যে নাইট্রেট পাওয়া গেল, উহা তীব্র দহনে 1·165 গ্রাম জিংক অক্সাইড উৎপন্ন করে। আবার 1·236 গ্রাম জিংক সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ হইতে জিংক কার্বনেটকে অধঃক্ষিপ্ত করা হইল। এই জিংক কার্বনেটকে দহনে, 1·538 গ্রাম জিংক অক্সাইড পাওয়া গেল। এই পরীক্ষাফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রের সমর্থক—প্রমাণ কর।

18. (i) লেড পারক্সাইড ও রেড লেডে যথাক্রমে 13·39% ও 9·34% অক্সিজেন থাকে।

(ii) নাইট্রোজেনের তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 63·63%, 46·67% ও 25·93% নাইট্রোজেন থাকে।

(iii) ফসফোরাস ট্রাইক্লোরাইডে 77·45% ক্লোরিন থাকে এবং ফসফোরাস পেন্টাক্লোরাইডে 14·78% ফসফোরাস থাকে।

—উপরোক্ত ফলগুলি যে গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে, তাহা প্রমাণ কর।

19. 1 গ্রাম কার্বন, দহনে 3·7 গ্রাম CO_2 দেয়। আরেকটি পরীক্ষায় দেখা গেল, উত্তপ্ত CuO এর উপর CO চালিত করিয়া, 61·9 গ্রাম CO_2 পাওয়া যায় এবং CuO-এর ওজন 22·5 গ্রাম কমে। CO এর মধ্যে, কার্বন ও অক্সিজেনের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। দেখাও যে, এই পরীক্ষাফলগুলি, গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

[Ans : C=42·6% ; O=57·4%]

20. একটি ধাতু তিনটি অক্সাইড যৌগ গঠন করে; যৌগগুলিতে ধাতুর মাত্রা যথাক্রমে 76·47%, 68·42% এবং 52%। এই মাত্রাগুলি হইতে, গুণানুপাত সূত্র সমর্থিত হয়, দেখাও।

21. কোনো মৌলের তিনটি অক্সাইড যৌগে, যথাক্রমে 42·80%, 49·94% এবং 63·56% অক্সিজেন থাকা কি সম্ভব? যুক্তিসহ উত্তর লিখ।

[সংকেত : মৌলটির নির্দিষ্ট পরিমাণকে 32 গ্রাম ধরিয়া গণনা কর]

[Ans : না]

22. কোনো ধাতুর দুইটি যৌগ X এবং Y কে, হাইড্রোজেন সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া প্রতিটির 2 গ্রাম পরিমাণ হইতে যথাক্রমে 0·2517 গ্রাম জল এবং 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া গেল। এই পরীক্ষাফলগুলি কি গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক?

23. আয়রনের তিনটি অক্সাইডের বিশ্লেষণফল—

	আয়রন	অক্সিজেন
প্রথম অক্সাইড	77·78%	22·22%
দ্বিতীয় অক্সাইড	70·00%	30·00%
তৃতীয় অক্সাইড	72·45%	27·55%

এই মাত্রাগুলি হইতে গুণানুপাত সূত্র সমর্থিত হয় প্রমাণ কর।

24. কপার সালফাইডে 33·5% সালফার আছে; সালফার ট্রায়ক্সাইডে 40·1% সালফার আছে; কপার অক্সাইডে 79·9% কপার আছে। এই পরীক্ষাফলগুলি, মিথোনুপাত সূত্রের সমর্থক প্রমাণ কর।

25. 32·5 গ্রাম জিংক কোন অ্যাসিড হইতে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে। আবার ঐ একই পরিমাণ জিংক, 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জিংক অক্সাইড উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইলে, উহারা কি অনুপাতে যুক্ত হইবে বলিয়া প্রত্যাশা করা যায়? উৎপন্ন যৌগটি কি?

26. PH_3-এর মধ্যে 91·1% P আছে : জলে 88·88% O আছে ; P_4O_6-এর মধ্যে 56·4% P আছে। এই বিশ্লেষণফলগুলি মিথোনুপাত সূত্রের সমর্থক— প্রমাণ কর।

27. 0·1400 গ্রাম Fe ; 0·1625 গ্রাম Zn ; 0·02975 গ্রাম Sn ; 0·0450 গ্রাম Al—প্রতিটিই অ্যাসিড হইতে X সি. সি. হাইড্রোজেন বিমুক্ত করে। যদি 28 গ্রাম Fe 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়, তাহা হইলে অন্য ধাতুগুলির প্রত্যেকটি কে কি পরিমাণ ওজনে একই 8 গ্রাম পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবে—নির্ণয় কর।

[Ans : Zn=32·5 গ্রাম, Sn=59·5 গ্রাম, Al=9·0 গ্রাম]

28. N. T. P.তে 10 সি. সি. অক্সিজেনের সহিত একই উষ্ণতা ও চাপে 50 সি. সি. হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া করান হইল। ঐ উষ্ণতা ও চাপে, অবশিষ্ট গ্যাসের প্রকৃতি ও পরিমাণ নির্ণয় কর।

[Ans : 30 সি. সি. অতিরিক্ত হাইড্রোজেন]

29. 10 সি. সি. নাইট্রিক অক্সাইড (NO) হইতে অক্সিজেন অংশ অপসারিত করিলে, কত আয়তন নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকিবে?

[Ans : 5 সি. সি. নাইট্রোজেন]

30. N. T. P'তে 100 লিটার CO_2 হইতে কি পরিমাণ CO গ্যাস পাওয়া যাইবে?

[সংকেত : $CO_2+C=2CO$]

[Ans : 200 লিটার]

31. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে, গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি N. T. P'তে আছে ধরিয়া লইয়া, বিক্রিয়াগুলিতে আয়তনের কি পরিবর্তন ঘটিবে গণনা কর—

(i) $2H_2+O_2=2H_2O$ (ii) $2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O$

(iii) $H_2+I_2=2HI$ (iv) $CO_2+C=2CO$

[Ans : (i) সংকোচন 3 আয়তন ; (ii) সংকোচন 3 আয়তন : (iii) আয়তন অপরিবর্তিত থাকিবে ; (iv) 2 আয়তন প্রসারণ ঘটিবে।]

তৃতীয় অধ্যায়	**অণু, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ও মোল** অণুর ধারণা — অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প — আণবিক ওজন — অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের কয়েকটি সিদ্ধান্ত — অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও মোলের ধারণা।

অণুর ধারণা (Concept of molecule)

ডাল্টন মৌলিক এবং যৌগিক উভয় প্রকার পদার্থেরই অন্তিম কণারূপে পরমাণুর কল্পনা করিয়াছিলেন। পদার্থের ধর্ম, উহার পরমাণুরই ধর্ম। অতএব ডাল্টনের মতানুসারে, মৌল এবং যৌগের পরমাণুগুলির মধ্যে উহাদের নিজস্ব ধর্মগুলি বর্তমান থাকিবে। এখন, যৌগ পদার্থরূপে জল—হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের সংযোগে উৎপন্ন হয়। এই যৌগটিকে, যৌগরূপ রাখিয়া, ক্ষুদ্রতর করিতে করিতে শেষ বিভাজন স্তর পর্যন্ত লইয়া গেলে জলের একটি চূড়ান্ত কণা পাওয়া যাইবে ; এই চূড়ান্ত কণাটিরও উৎপাদক অবশ্যই হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন। সুতরাং, এই চূড়ান্ত যৌগ কণাটিকে আরো বিভাজিত করিলে—অবশ্যই ইহা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অংশে বিভাজ্য হইবে। এই বিভাজিত পৃথক পৃথক অংশগুলির ধর্মের সহিত চূড়ান্ত জলকণাটির যৌগরূপে যে ধর্ম তাহার সহিত কোনই সাদৃশ্য থাকিবে না। অতএব, ইহা অবশ্য স্বীকার্য—যৌগরূপে পদার্থের অস্তিত্ব ও ধর্ম, এই শেষ বিভাজনের আগের স্তর পর্যন্ত। শেষ বিভাজনে, যৌগের চূড়ান্ত কণা, উৎপাদক মৌলগুলির পরমাণুতে ভাঙিয়া যায়। সুতরাং যৌগের কণা—উৎপাদক মৌলসমূহের পরমাণুর সমষ্টি এবং সে কারণেই উহা পরমাণু অপেক্ষা আকার ও ওজনে অবশ্যই বৃহত্তর। যৌগের এই চূড়ান্ত কণাগুলিকে, মলিকিউল (molecule) বা **অণু** আখ্যা দেওয়া হয়। 'Molecule' শব্দের অর্থ 'ক্ষুদ্র স্তূপ'।



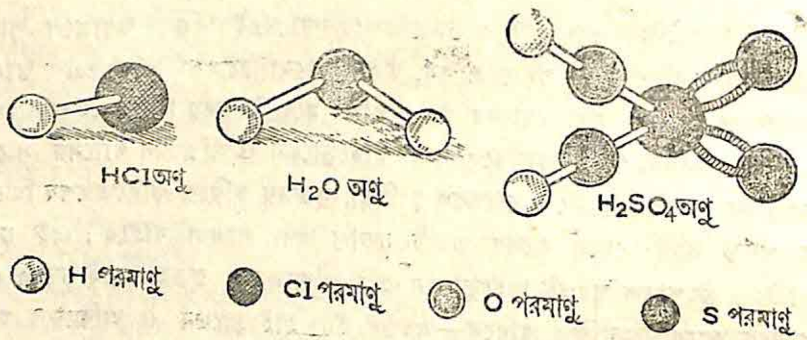
আমোদিও অ্যাভোগাড্রো

ইতালীয় বিজ্ঞানী **আমোদিও অ্যাভোগাড্রোই** সর্বপ্রথম অণুর সংজ্ঞা উপস্থিত করেন।

● **অণু, পদার্থের সেই চূড়ান্ত কণা যাহা চূড়ান্ত কণা রূপেও পদার্থের (মৌল ও যৌগ) ধর্ম অক্ষুণ্ণরূপে বহন করে এবং এই কণাগুলির 'বাস্তব ও স্বাধীন অস্তিত্ব' আছে। মৌল পদার্থের অণু একই প্রকারের পরমাণু সমষ্টি এবং যৌগ পদার্থের অণু বিভিন্ন প্রকারের পরমাণু সমষ্টি যোগে গঠিত। একই পদার্থের সকল অণুগুলি একই প্রকারের এবং বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলি বিভিন্ন প্রকারের হইয়া থাকে।**

● মৌলের অণু বিভাজন করিলে, উৎপাদক পরমাণুগুলি অভিন্ন হয়। যথা, হাইড্রোজেনের অণু (H_2) বিভাজন করিলে, প্রতিটি অণু হইতে দুইটি একই ধর্মসম্পন্ন হাইড্রোজেনের পরমাণু পাওয়া যায়।

● যৌগের অণু বিভাজন করিলে, উহা হইতে ভিন্ন ভিন্ন ধর্মের পরমাণু পাওয়া যায়। যথা, জলের অণু (H_2O) বিভাজন করিলে ভিন্নধর্মী দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু ও একটি অক্সিজেনের পরমাণু পাওয়া যায়। সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু



চিত্র নং ৩·1

(H_2SO_4) বিভাজন করিলে ভিন্নধর্মী, দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু, একটি সালফারের পরমাণু ও একটি অক্সিজেনের পরমাণু পাওয়া যায়। (চিত্র নং 3·1)

● প্রকৃতিতে মৌল ও যৌগগুলি অণুরূপেই বিরাজ করে। হাইড্রোজেনের প্রাকৃতিক অস্তিত্বে চূড়ান্ত কণাগুলি পরমাণু নয় অণু, অর্থাৎ H নহে, H_2। জলের চূড়ান্ত কণাগুলির প্রাকৃতিক অবস্থান সর্বদাই উহার H_2O অণুরূপে। এই ঘটনাটিকেই উপরের সংজ্ঞায়—'বাস্তব ও স্বাধীন অস্তিত্ব' বলা হইয়াছে।

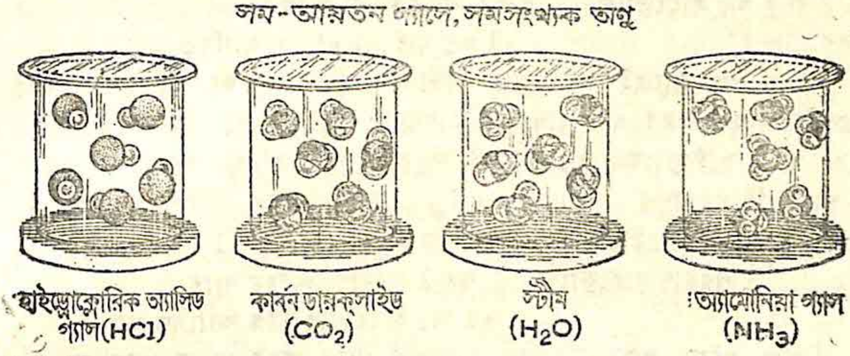
অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প (Avogadro's Hypothesis)

অণুর ধারণা উপস্থিত করার সহিত, গ্যাসের (মৌল ও যৌগ) আয়তনের সহিত অণুর সংখ্যার একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রকল্প অ্যাভোগাড্রো উপস্থাপিত করেন। এই প্রকল্পটি 'অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প' (Avogadro's Hypothesis) নামে বিখ্যাত।

● **'একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন যে-কোন প্রকার গ্যাস বা বাষ্পে, সর্বদাই সমসংখ্যক অণু থাকে।'**

ধরা যাক্, একই উষ্ণতা ও চাপে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস, কার্বন ডায়ক্সাইড, স্টীম, অ্যামোনিয়া—প্রতিটি গ্যাসের 100 সি.সি. আয়তন লওয়া হইল। এখন যে-কোন একটি গ্যাসের ঐ আয়তনের

মধ্যে যদি n সংখ্যক অণু থাকে, তবে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে, একই উষ্ণতা ও চাপে প্রতিটি গ্যাসেরই ঐ আয়তনে, n সংখ্যক অণুই থাকিবে। (চিত্র নং 3·2)

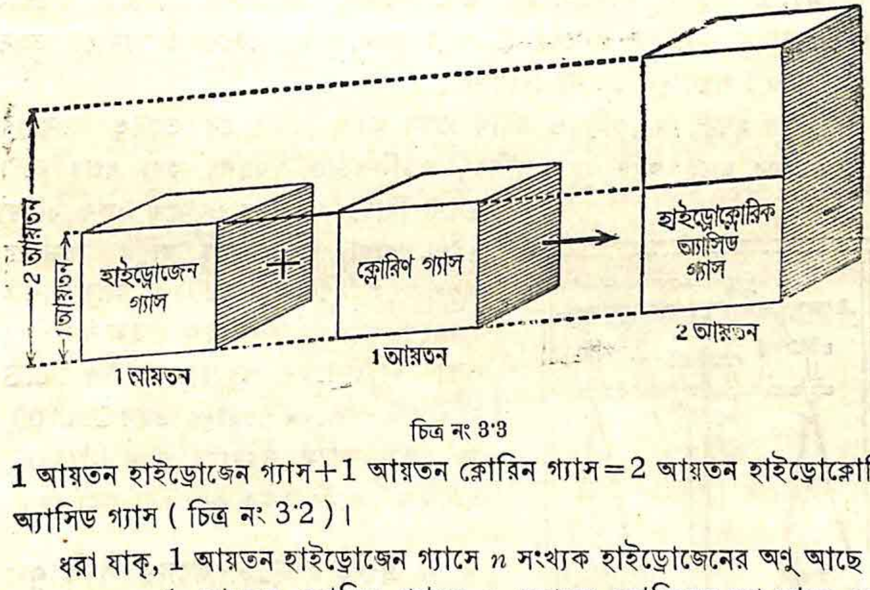


চিত্র নং 3·2

গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যায় এই প্রকল্পটি প্রয়োগ করিয়া, প্রকল্পটির সত্যতা যাচাই করিয়া দেখা যায়।

গ্যাসায়তন সূত্র ও অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প যোগে ব্যাখ্যা ঃ

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদনের ক্ষেত্রে, পরীক্ষা হইতে জানা যায়



চিত্র নং 3·3

1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস + 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস = 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস (চিত্র নং 3·2)।

ধরা যাক্, 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক হাইড্রোজেনের অণু আছে।

অতএব, 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাসে n সংখ্যক ক্লোরিনের অণু আছে এবং 1 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে n সংখ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু আছে। (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প)

$\therefore$ n অণু হাইড্রোজেন গ্যাস + n অণু ক্লোরিন গ্যাস

= $2n$ অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

বা 1 অণু হাইড্রোজেন গ্যাস + 1 অণু ক্লোরিন গ্যাস

= 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

বা $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন গ্যাস + $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন গ্যাস

= 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

এখন অণু মাত্রেই পরমাণুতে বিভাজ্য; সুতরাং $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন বা $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন বাস্তবে সম্ভব এবং ধারণাটি ডাল্টনের পরমাণুবাদের বিরোধীও নয়। যদি ধরা যায়, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অণুগুলি দুইটি করিয়া পরমাণু যোগে গঠিত, [অর্থাৎ দ্বি-পরমাণুক (diatomic)] তাহা হইলে পূর্বোক্ত গণনায় $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন = 1 পরমাণু হাইড্রোজেন এবং $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন = 1 পরমাণু ক্লোরিন।

∴ 1 পরমাণু হাইড্রোজেন গ্যাস + 1 পরমাণু ক্লোরিন গ্যাস

= 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

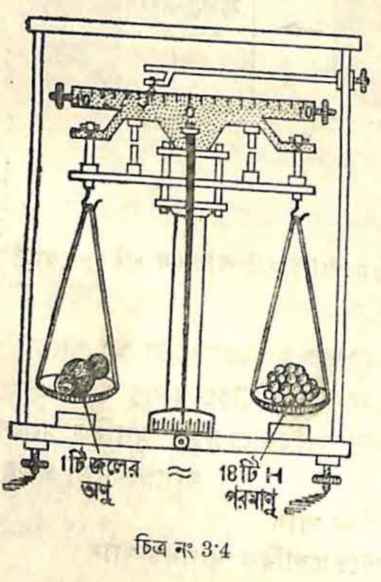
[ইহা হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস অণুর সঠিক আণবিক সংকেত যে HCl, ইহাও জানা যায়।]

অতএব, অণুর ধারণা সহযোগে, গ্যাসায়তন সূত্রের সংগত ও যুক্তিসহ ব্যাখ্যা সম্ভব হয়।

আণবিক ওজন (Molecular weight)

পূর্বোক্ত উদাহরণ ও ব্যাখ্যা হইতে দেখা যায়, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের 1-টি অণু, 1 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু ক্লোরিনের সমষ্টি। সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের 1 অণুর ওজন, হাইড্রোজেনের 1 পরমাণুর ওজন ও ক্লোরিনের 1 পরমাণুর ওজনের যোগফল।

পরমাণুর মতই, অণুগুলিরও যথার্থ ওজন আছে, কিন্তু সে ওজনও পরমাণুর যথার্থ ওজনের মতই অতি ক্ষুদ্র বলিয়া, প্রচলিতভাবে নিরূপণ করা সম্ভব নয়। একটি নির্দিষ্ট পরমাণুর ওজনকে একক ধরিয়া লইয়া, তাহার আপেক্ষিকে অণুর ওজনের অনুপাতকে নির্ণয় করা হয়। এই আনুপাতিক ওজনকে, পদার্থের **আণবিক ওজন** বলা হয়। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন 1·008 বা একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন 16·0000, বা একটি কার্বন পরমাণুর ওজন 12·0000, আণবিক ওজনের একক রূপে গণ্য করা হয়।



চিত্র নং 3·4

◎ একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন একক ধরিয়া উহার আপেক্ষিক পদার্থের একটি অণুর ওজন যতগুণ ভারী হয়, ঐ সংখ্যাকে পদার্থটির আণবিক ওজন বলা হয়।

- আণবিক ওজন a. m. u বা পারমাণবিক ভর এককে সূচিত করা হয়।
- একটি পদার্থের অণুর মধ্যে যতগুলি পরমাণু (এক বা একাধিক প্রকার) থাকে, ঐ পরমাণুগুলির মোট পারমাণবিক ওজনের যোগফলই পদার্থটির আণবিক ওজন।

উদাহরণঃ একটি জলের অণুর ওজন, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের তুলনায় 18 গুণ ভারী ; জলের আণবিক ওজন 18। (চিত্র নং 3·4)

আবার জলের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু ও একটি অক্সিজেনের পরমাণু থাকে। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1, অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 অর্থাৎ জলের একটি অণুতে পরমাণুগুলির মোট পারমাণবিক ওজনের যোগফল $=2\times1+1\times16=18$। জলের আণবিক ওজন 18।

- পদার্থের 'অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক' (Avogadro number) অণুর ওজন গ্রামে পরিমাপ করিলে, ওজনের যে সংখ্যা পাওয়া যায়, উহাই পদার্থটির আণবিক ওজন।

উদাহরণঃ অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর ওজন 2 গ্রাম। অতএব, হাইড্রোজেন অণুর ওজন পূর্বোক্ত সংজ্ঞানুসারে, 2।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে কয়েকটি সরল সিদ্ধান্ত

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে কয়েকটি সহজ কিন্তু গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়। যথা:

- নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলি বাদে, অন্য মৌল গ্যাসগুলির অণু দ্বি-পরমাণুক।
- মৌল বা যৌগ উভয় প্রকার গ্যাসের আণবিক ওজন উহার বাষ্পঘনত্বের (vapour density) দ্বিগুণ।
- প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (Normal temparature and pressure বা N. T. P.) যে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক ওজনগুলির আয়তন একই হয় এবং এই আয়তনের পরিমাণ 22·4 লিটার।

(I) মৌল গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক :

পরীক্ষা হইতে জানা যায়,

1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

মনে করা যাক্, একই উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসগুলির আয়তন প্রতি অণুর সংখ্যা $=n$ (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প)

$\therefore$ n অণু হাইড্রোজেন $+\,n$ অণু ক্লোরিন $=2n$ অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

বা 1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিন = 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

বা $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন $+\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন = 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

এখন 1টি অণু অর্থে, উহা অন্তত দুই বা ততোধিক পরমাণুর সমষ্টি। এই অর্থে 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে অন্তত 1টি হাইড্রোজেনের পরমাণু এবং 1টি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে। এই 1টি হাইড্রোজেন পরমাণুর জোগান দিবে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন। (অর্থাৎ, 2টি পরমাণুর যোগান দিবে 1টি অণু হাইড্রোজেন।) সুতরাং হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

অনুরূপ যুক্তি ধরিয়া অগ্রসর হইলে, ক্লোরিন অণুও দ্বি-পরমাণুক।

উপরের সিদ্ধান্তে, ধরা হইয়াছে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে অন্তত 1 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে ও 1 পরমাণু ক্লোরিন আছে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে যে **একটি মাত্র** হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, ইহার পরীক্ষাগত প্রমাণ পাওয়া যায়।

যে-কোন অ্যাসিডের অণুতে, এক বা একাধিক হাইড্রোজেনের পরমাণু থাকে। এই পরমাণু বা পরমাণুগুলি অ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়ায় ধাতুর পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ (salt) উৎপন্ন করে। এখন অ্যাসিডে যতগুলি সংখ্যক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের পরমাণু থাকে ততগুলি সংখ্যক লবণ উৎপন্ন হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে, সোডিয়াম ধাতু যোগে, একটিই মাত্র লবণ পাওয়া যায়। অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে, **একটি মাত্র** হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান।

অনুরূপভাবে, অন্য বিক্রিয়াযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিনকে **একবারই মাত্র প্রতিস্থাপন** করা চলে। অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুতে, ক্লোরিনেরও **একটিই মাত্র** পরমাণু বর্তমান।

অতএব মৌল গ্যাস হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অণু দ্বি-পরমাণুক। ইহাদের সংক্ষিপ্ত সংকেত যথাক্রমে H_2 ও Cl_2।

● অক্সিজেন অণুও যে দ্বি-পরমাণুক তাহাও প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা হইতে জানা যায়,

2 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন অক্সিজেন = 2 আয়তন স্টীম

মনে করা যাক্ গ্যাসগুলির আয়তন প্রতি n সংখ্যক অণু আছে

(অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প)

অতএব $2n$ অণু হাইড্রোজেন + n অণু অক্সিজেন = $2n$ অণু স্টীম

বা, 2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন = 2 অণু স্টীম

বা, 1 অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন = 1 অণু স্টীম

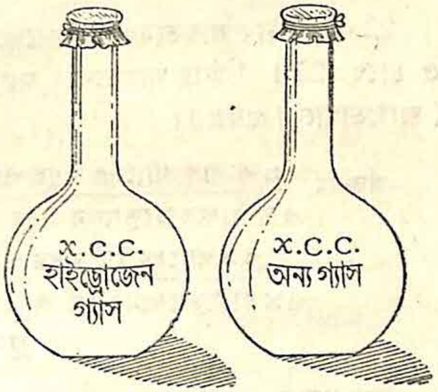
এখন 1 অণু স্টীমে, **অন্তত** 1টি অক্সিজেন পরমাণু থাকিবে। এই 1টি অক্সিজেন পরমাণুর যোগান দিবে, পূর্বের সূত্রানুযায়ী, $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন। অর্থাৎ, 1 অণু অক্সিজেনে 2টি অক্সিজেনের পরমাণু থাকে বা অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

স্টীমের অক্সিজেন অংশ, মাত্র একটি স্তরেই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। অতএব স্টীমে **একটিই মাত্র** অক্সিজেনের পরমাণু থাকে।

সুতরাং, অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক। ইহার সংকেত লেখা যায় O_2।

(II) গ্যাসের আণবিক ওজন ইহার বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ ঃ

একই উষ্ণতা ও চাপে দুইটি একই ওজনের ও একই আয়তনের (ধরা যাক্ x সি. সি.) ফ্লাস্কের একটিকে হাইড্রোজেন গ্যাসে ও অন্যটিকে যে কোন গ্যাসে পূর্ণ করিয়া ওজন করা হইল। যে ওজন দুইটি পাওয়া গেল—উহা হইতে শূন্য ফ্লাস্কের ওজন বাদ দিলে, সমআয়তন হাইড্রোজেন ও অন্য গ্যাসের ওজন পাওয়া যায়। (চিত্র নং 3·5)



চিত্র নং 3·5

● একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন হাইড্রোজেনের গ্যাসের ওজনের সহিত অপর গ্যাসের ওজনের যে অনুপাত পাওয়া যায়, ঐ অনুপাতকে গ্যাসটির **বাষ্পঘনত্ব** (vapour density) বা **আপেক্ষিক ঘনত্ব** (relative density) বলা হয়।

অর্থাৎ,

গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব বা বাষ্প ঘনত্ব D

$$= \frac{x \text{ সি.সি. গ্যাসের ওজন}}{x \text{ সি.সি. হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad (\text{একই উষ্ণতা ও চাপে})$$

ধরা যাক্, x সি.সি. আয়তনে, n সংখ্যক অণু আছে (অ্যাভোগাড্রো)

$$\therefore \quad D = \frac{n \text{ সংখ্যক গ্যাসের অণুর ওজন}}{n \text{ সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{1\text{টি গ্যাসের অণুর ওজন}}{1\text{টি হাইড্রোজেন অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন বা } M}{2\text{টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন বা } M}{2} \quad [\because \text{ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন}=1]$$

অতএব, M, (বা গ্যাসের আণবিক ওজন) $= 2 \times D = 2 \times$ বাষ্প ঘনত্ব।

(III) গ্যাসের গ্রাম-আণবিক ওজনের আয়তন, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, 22·4 লিটার।

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (N. T. P) যে-কোন একটি গ্যাসের 22·4 লিটার আয়তন লইয়া পরীক্ষায় ইহার প্রকৃত ওজন মাপা হইল।

ধরা যাক্, গ্যাসটি হাইড্রোজেন। প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়, N. T. P তে ইহার 22·4 লিটার আয়তনের ওজন 2 গ্রাম। এখন, হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন 2। অতএব, হাইড্রোজেনের গ্রাম আণবিক ওজনের আয়তন 22·4 লিটার।

এখন অন্য যে কোন একটি গ্যাসের অনুরূপ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার লইলে, উহারও একটি ওজন পাওয়া যাইবে। ধরা যাক্, এই ওজন $= W$ গ্রাম।

22·4 লিটার আয়তনের হাইড্রোজেনে যদি n সংখ্যক অণু থাকে, একই উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার আয়তনের অন্য গ্যাসটিতেও n সংখ্যক অণু থাকিবে (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প)।

$$\text{অতএব,}\ \frac{n \text{ সংখ্যক গ্যাসের অণুর ওজন}}{n \text{ সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর ওজন}} = \frac{W_1 \text{ গ্রাম}}{2 \text{ গ্রাম}}$$

$$\frac{n \times \text{গ্যাসের 1টি অণুর ওজন}}{n \times \text{হাইড্রোজেনের 1টি অণুর ওজন}} = \frac{W_1}{2}$$

[W_1 গ্রাম ও 2 গ্রাম দুইটিই পরীক্ষালব্ধ ফল]

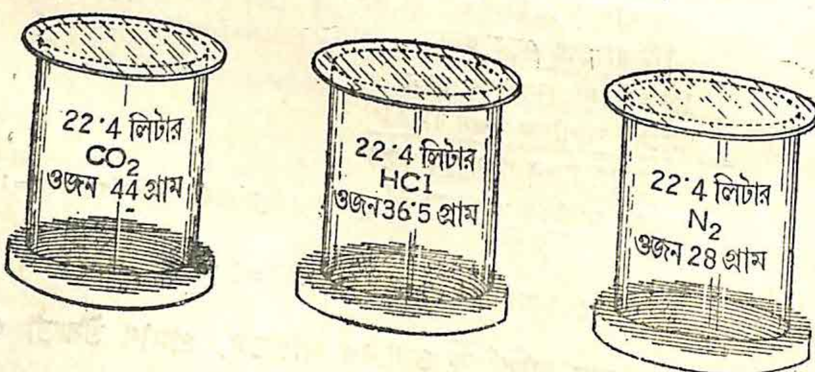
বাষ্প-ঘনত্বের সংজ্ঞানুসারে সমীকরণের বামদিক = বাষ্প ঘনত্ব $= D$

$$\therefore\ D = \frac{W_1}{2}$$

আবার, পূর্বে, প্রমাণ করা হইয়াছে $D = \frac{M}{2}$ [$M =$ আণবিক ওজন]

$$\therefore \frac{M}{2} = \frac{W_1}{2} \text{ বা } M = W_1$$

অর্থাৎ নির্ধারিত ওজন W_1 যাহাই হউক্, উহা গ্যাসটির আণবিক ওজন M-এর সমান হইবে বা নির্ধারিত W_1 গ্রাম ওজন = গ্রাম-আণবিক ওজন।



চিত্র নং 3·6

সুতরাং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার আয়তনের যে কোন গ্যাসের ওজন, উহার গ্রাম অণুর ওজনের সমান।

উদাহরণ : প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে,

22·4 লিটার কার্বন ডায়কসাইড গ্যাসের ওজন = 44 গ্রাম

22·4 লিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের ওজন = 36·5 গ্রাম

22·4 লিটার নাইট্রোজেনের ওজন = 28 গ্রাম

উপরিউক্ত সিদ্ধান্তগুলি ছাড়াও, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রত্যক্ষ সাহায্যে

- যৌগিকের আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়,
- পরমাণুর, পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়,
- যৌগিকের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়,
- যে-কোন মৌল বা যৌগে, একটি নির্দিষ্ট ওজনের মধ্যে পরমাণু বা অণুর. সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ 1. ধরা যাক স্টীমের অণুর গঠন অজ্ঞাত। ইহার বাষ্প ঘনত্ব = 9. অতএব পূর্বালোচিত সিদ্ধান্ত অনুযায়ী, ইহার আণবিক ওজন = 2 × 9 = 18 a.m.u.।

ধরা যাক্, স্টীমের অণুর সংকেত H_xO_y, অর্থাৎ ইহাতে x সংখ্যক H পরমাণু (পারমাণবিক ওজন H = 1 a. m. u.) এবং y সংখ্যক O পরমাণু (পারমাণবিক ওজন O = 16. a. m. u.) আছে।

∴ x সংখ্যক H পরমাণুর ওজন + y সংখ্যক O পরমাণুর ওজন
= 1টি স্টীম অণুর ওজন

বা $x \times 1$ a. m. u. + $y \times 16$ a. m. u. = 18 a. m. u.

সহজেই বুঝা যায়, $x=2$ এবং $y=1$ হইলে তবেই সমীকরণটির সমাধান সম্ভব (x এবং y অবশ্যই পূর্ণ সংখ্যা হইতে হইবে, কারণ পরমাণু অবিভাজ্য।)

অতএব, স্টীমের অণু-সকেত H_2O।

উদাহরণ 2. ধরা যাক্ ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন অজ্ঞাত। পরীক্ষায় দেখা গেল, ইহার বাষ্প ঘনত্ব = 35·5। অতএব, $M = 2 \times D$ অনুসারে ক্লোরিনের আণবিক ওজন = 2 × 35·5 = 71.

এখন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ন্যায় ক্লোরিনও মৌল গ্যাস বলিয়া, উহার অণু দ্বি-পরমাণুক। (পূর্বে প্রমাণিত)

অতএব ক্লোরিনের আণবিক ওজন = ক্লোরিনের 2টি পরমাণুর ওজন

বা, 71 = ক্লোরিনের 2টি পরমাণুর ওজন

∴ ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন = $\frac{71}{2}$ = 35·5 a. m. u.

মৌলের পারমাণবিক ওজন ও ক্যান্নিজারো পদ্ধতি : অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসরণে, নানা যৌগ হইতে একটি পারমাণবিক ওজনের নির্ণয়ে **ক্যান্নিজারো** (Cannizaro) একটি বিশেষ পদ্ধতি গ্রহণ করেন। এই পদ্ধতিটির নীতি হইল, দুইটি মৌল হইতে উৎপন্ন বহুসংখ্যক যৌগের প্রতিটির 1 গ্রাম-অণুতে,

একটি মৌলের যে সর্বনিম্ন ওজন (গ্রামে) পাওয়া যায়, ঐ সংখ্যাটিই মৌলের পারমাণবিক ওজন। যথা, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মৌল দুইটির নানা যৌগের বিশ্লেষণের পরীক্ষাফল :

যৌগ	1 গ্রাম-অণু যৌগে নাইট্রোজেনের পরিমাণ (গ্রামে)	নাইট্রোজেনের সর্বনিম্ন ওজন (গ্রামে)
ডাইনাইট্রোজেন মনোক্সাইড	28	
নাইট্রোজেন অক্সিজেন	14	
ডাইনাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড	28	14
নাইট্রোজেন ডায়ক্সাইড	14	
ডাইনাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড	28	

অতএব, নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন = 14 a. m. u.

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অবদান ও গুরুত্ব :

উনবিংশ শতাব্দীর রসায়ন বিজ্ঞানের যে অগ্রগতি, সেই অগ্রগতিতে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অবদান ও গুরুত্ব অপরিসীম। যদিও ডাল্টনের পরমাণুবাদই যথার্থ বৈজ্ঞানিক ভিত্তিতে ও পরীক্ষার ভিত্তিতে প্রথম পরমাণুর কল্পনাকে প্রতিষ্ঠিত করিয়া, রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলির একটি যুক্তিসহ ব্যাখ্যা উপস্থাপিত করিয়াছিল, তথাপি ডাল্টনের পরমাণুবাদে নানা ত্রুটি ও সীমাবদ্ধতা ছিল।

যেমন, ডাল্টনের পরমাণুবাদ—মৌল ও যৌগের অন্তিম কণাগুলির যথার্থ সুস্পষ্ট পার্থক্য নির্দেশ করে নাই। ডাল্টনীয় তত্ত্ব, গে ল্যুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা নির্দেশে ব্যর্থ হয়। ডাল্টনীয় তত্ত্বের ভিত্তিতে গণিত অনেক মৌলের পারমাণবিক ওজন, পরে যথার্থ নয় বলিয়া দেখা যায়।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প, প্রথম 'অণু'র ধারণাটিকে প্রতিষ্ঠিত করে। 'মৌলের অণু' ও 'যৌগের অণু'র ধারণাকে স্বচ্ছ করে। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের ভিত্তিতে নানা অনুসিদ্ধান্ত, যেমন মৌল গ্যাসের অণু* দ্বি-পরমাণুক, গ্যাসের আণবিক ওজন উহার বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ, গ্যাসের গ্রাম আণবিক আয়তন N. T. P.'তে 22·4 লিটার ইত্যাদি, এগুলি প্রত্যক্ষভাবে তাত্ত্বিক ও বিশ্লেষণী রসায়নে প্রভূত অগ্রগতির সহায়ক হয়। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ অবদান—গ্রাম পরমাণু ও গ্রাম-অণুতে বর্তমান পরমাণু ও অণুর সংখ্যা, বা অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার, বা মোলের অবতারণা। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা আধুনিক রসায়নের গণনায় এখন অপরিহার্য। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা—ভৌত রসায়নের নানা ক্ষেত্র, যেমন তেজস্ক্রিয়তা, কোলয়েড, পারমাণবিক ওজন ইত্যাদির ক্ষেত্রেও গুরুত্বপূর্ণ অবদানে বিশিষ্ট ভূমিকা গ্রহণ করে।

* নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির অণু ব্যতিক্রম।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পই, মৌলের পারমাণবিক ওজন ও মৌলের আণবিক ওজন, নির্ভুলভাবে নির্ণয় সম্ভব করে।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পই ডাল্টনের পরমাণুবাদকে পরিমার্জিত করিয়া দৃঢ়তর ভূমিতে প্রতিষ্ঠিত করে।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও মোলের ধারণা
(Avogadro's number and Mole concept)

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে জানা যায়, 1 গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, 22·4 লিটার ; বা, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার যে কোন গ্যাসের ওজন, গ্যাসটির 1 গ্রাম অণুর ওজনের সমান।

এখন দেখা যায় যে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে—

22·4 লিটার কার্বন ডায়ক্সাইড গ্যাসের ওজন = 44 গ্রাম

22·4 লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাসের ওজন = 17 গ্রাম

22·4 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন = 2 গ্রাম

22·4 লিটার অক্সিজেনের গ্যাসের ওজন = 32 গ্রাম

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে, যে কোন গ্যাসের একই উষ্ণতা ও চাপে, সম-আয়তনে সম-সংখ্যক অণু থাকে। অতএব, 22·4 লিটার পূর্বোক্ত প্রতিটি গ্যাসের আয়তনে একই সংখ্যক অণু থাকিবে।

অতএব n সংখ্যক কার্বন ডায়ক্সাইডের অণুর ওজন = 44 গ্রাম

n সংখ্যক অ্যামোনিয়ার অণুর ওজন = 17 গ্রাম

n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর ওজন = 2 গ্রাম

n সংখ্যক অক্সিজেনের অণুর ওজন = 32 গ্রাম।

44 গ্রাম কার্বন ডায়ক্সাইড, বা 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া বা 2 গ্রাম হাইড্রোজেন বা 32 গ্রাম অক্সিজেনের যেহেতু ওজনগুলি নির্দিষ্ট, অতএব প্রতিটি ক্ষেত্রেই মাত্র একটি নির্দিষ্ট সংখ্যক অণুই বর্তমান থাকিয়া পূর্বোক্ত ওজনগুলি দিবে। মনে করা যাক্, কোন পরোক্ষ উপায়ে, হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে— 2 গ্রাম হাইড্রোজেনে বর্তমান পরমাণুর সংখ্যাটি (n) নির্ণয় করিয়া দেখা গেল, সংখ্যাটি $6{\cdot}02 \times 10^{23}$। অতএব, 44 গ্রাম কার্বন ডায়ক্সাইডে, 17 গ্রাম অ্যামোনিয়াতে, 32 গ্রাম অক্সিজেনে অণুর সংখ্যাও প্রতিটি ক্ষেত্রে অবশ্যই $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ হইবে।

অতএব, $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ এই সংখ্যাটি একটি নিত্য সংখ্যা। এই সংখ্যাটিকে, **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা** (Avogadro's number) বলা হয়।

1 গ্রাম-অণু যে কোন যৌগ পদার্থে যে সংখ্যক অণু থাকে বা 1 গ্রাম-পরমাণু মৌল পদার্থে যে সংখ্যক পরমাণু থাকে, তাহাকে অ্যাভোগাড্রো

সংখ্যা বলা হয়। ইহা একটি নিত্য সংখ্যা এবং ইহার পরিমাণ $6{\cdot}02 \times 10^{23}$।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা একটি গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক নিত্য সংখ্যা এবং নানা রাসায়নিক গণনার ক্ষেত্রে ইহা অপরিহার্য। এই সংখ্যাটির প্রকৃত মান—তেজস্ক্রিয়তার পরীক্ষা ও নানা ভৌত রাসায়নিক পরীক্ষার সাহায্যে জানা যায়।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাকে, অন্য একটি সংজ্ঞাও দেওয়া হইয়াছে। ইহাকে **মোল** (mole) বলা হয়। মোল কথাটির অর্থ 'স্তূপ' বা একত্র সমাহার। **'অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক অণু বা পরমাণুর একটি মিলিত স্তূপ'কে একত্রে বুঝাইতে, সাধারণত রসায়নে মোল কথাটি ব্যবহার করা হয়।**

1 মোল অণু বলিতে, $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ অণুর সমষ্টি বুঝায়। 1 মোল টাকা অর্থে, $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ সংখ্যক টাকা বুঝায়। এইভাবে যে কোন বস্তুর গণনায় মোল শব্দটি ব্যবহারযোগ্য। বস্তুত, 'মোল'—গণনার একটি একক।

তুলনায় বলা যায়, আমরা যেমন ডজন, কুড়ি, শত এইভাবে সমষ্টি ধরিয়া নানা বস্তুর লেনদেন করি, তেমনি অণু-পরমাণুর লেনদেন যে সমষ্টি ধরিয়া হয়, সেই সমষ্টিকে মোল বলা হয়। মোল-পদ্ধতি রাসায়নিক গণনার একটি বিশেষ পদ্ধতি।

মোলের ধারণায়, মনে রাখা প্রয়োজন,—

- $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ এই সংখ্যাটি মোল।
- 1 মোল অণুর ওজন, পদার্থের গ্রাম-আণবিক ওজনের সমান ; অর্থাৎ
  1 গ্রাম-মোল = 1 গ্রাম-অণু = আণবিক ওজন (গ্রামে)
  [1 gm.-mole = 1 gm.-molecule = molecular wt. (in gms.)]
- প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, 22.4 লিটার গ্যাসে, 1 মোল অণু (বা পরমাণু) থাকে।
- একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন গ্যাসে সমসংখ্যক মোল অণু বা পরমাণু থাকে।
- রাসায়নিক বিক্রিয়ার কালে পদার্থগুলি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে বিক্রিয়া করে ; অন্য অর্থে, পদার্থগুলি নির্দিষ্ট মোল সংখ্যার অনুপাতে বিক্রিয়া করে।

গ্যাস-ঘটিত বিক্রিয়াগুলিতে রাসায়নিক সমীকরণ অনুযায়ী যে সংখ্যায় আয়তনগুলি বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, সোজাসুজি ঐ সংখ্যাগুলি উহাদের বিক্রিয়াকারী মোলের সংখ্যাও সূচিত করে।

উদাহরণ :

N_2	+	$3H_2$	=	$2\,NH_3$
1 অণু	:	3 অণু	→	2 অণু
1 আয়তন	:	3 আয়তন	→	2 আয়তন
1 মোল	:	3 মোল	→	2 মোল

গাণিতিক উদাহরণ

(1) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (N.T.P) কোনো গ্যাসের এক লিটারের ওজন 1·234 গ্রাম। ঐ গ্যাসটির আণবিক ওজন কত ?

N.T.P' তে 1 লিটার গ্যাসের ওজন 1·234 গ্রাম

∴ " 22·4 " " " $22·4 \times 1·234$

$= 27·6416$ গ্রাম

অতএব গ্যাসটির আণবিক ওজন $= 27·6416$

(2) 0·05 গ্রাম ওজনের এক ফোঁটা জলে, কতগুলি জলের অণু আছে ?

1 গ্রাম অণু জল $= 18$ গ্রাম

18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা $= 6·023 \times 10^{23}$

∴ 0·05 " " " " $= \frac{6·023 \times 10^{23}}{18} \times 0·05$

বা $1·673 \times 10^{21}$

(3) 0·90 গ্রাম জলে, কতগুলি অক্সিজেন পরমাণু আছে ? [W.B H.S, 1978]

জলের সংকেত H_2O

1 গ্রাম অণু জলে 2 গ্রাম পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 গ্রাম পরমাণু অক্সিজেন আছে,

∴ 18 গ্রাম জলে—1 গ্রাম পরমাণু অক্সিজেন আছে

বা, 18 গ্রাম জলে—$6·023 \times 10^{23}$ অক্সিজেন পরমাণু আছে

অতএব 0·90 " " $\frac{6·023 \times 10^{23}}{18} \times 0·90$ " " "

বা, $3·01 \times 10^{22}$ " " "।

(4) কোন পদার্থের আণবিক ওজন 100। গ্যাসীয় অবস্থায়, N.T.P' তে, ঐ পদার্থের 5 গ্রামের আয়তন কত ?

পদার্থটির গ্রাম অণু $= 100$ গ্রাম

100 গ্রাম পদার্থের N.T.P' তে আয়তন $= 22400$ সি. সি

∴ 5 " " " " $= \frac{22400}{100} \times 5$ সি. সি.

বা, 1120 সি. সি.

(5) একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন কত ? [হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন $= 1·008$]

হাইড্রোজেনের গ্রাম-পরমাণু—1·008 গ্রাম

1 গ্রাম পরমাণুতে $6·023 \times 10^{23}$ পরমাণু থাকে

∴ $6·023 \times 10^{23}$ হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন 1·008 গ্রাম

∴ 1 টি " " " $\frac{1·008}{6·023 \times 10^{23}}$

$= 1·673 \times 10^{-24}$ গ্রাম।

(6) 2·5 মোল CO_2 গ্যাসের ওজন কত ?

CO_2 গ্যাসের আণবিক ওজন $= 12 + 2 \times 16 = 44$.

CO_2 গ্যাসের গ্রাম অণু $= 44$ গ্রাম

44 গ্রাম CO_2 গ্যাসে, $6·023 \times 10^{23}$ CO_2-এর অণু থাকে

বা, 44 „ „ „ 1 মোল „ „ „ „

বা, 1 মোল CO_2 এর ওজন $= 44$ গ্রাম

∴ 2·5 „ „ „ „ $= 2·5 \times 44$ বা 110 গ্রাম।

(7) এক লিটার বিশুদ্ধ জলে কত মোল H_2O আছে ? [I.I.T.]

1 সি.সি. জলের ওজন $= 1$ গ্রাম

∴ 1000 „ „ „ $= 1 \times 1000$, বা, 1000 গ্রাম

1 গ্রাম অণু জল $= 18$ গ্রাম

18 গ্রাম জলে, 1 মোল H_2O অণু থাকে

∴ 1000 গ্রাম জলে, $\frac{1000}{18}$ বা 55·55 মোল H_2O অণু থাকে।

অনুশীলনী

1. অণুর সংজ্ঞা কি ? অণু ও পরমাণুর ধারণা প্রথম কে কিভাবে উপস্থাপন করেন। অণু ও পরমাণুর পার্থক্যবাচক কয়েকটি ধর্ম আলোচনা কর।

2. 'গ্যাসায়তন সূত্র বার্জিলিয়স ব্যাখ্যা করিতে পারেন নাই।' বার্জিলিয়স কিসের ভিত্তিতে এই ব্যাখ্যা করার প্রয়াস করেন ? গ্যাসায়তন সূত্রের সঠিক ব্যাখ্যা কিভাবে করা সম্ভব হইয়াছিল ?

3. 'অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পে'র বিবরণ লিখ। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প যোগে গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা কর।

4. অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প বিবৃত কর। ঐ প্রকল্প হইতে দেখাও হাইড্রোজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক। [J. E. '78]

5. অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে ব্যাখ্যা কর—

(i) মৌলিক গ্যাস ক্লোরিন ও অক্সিজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক।

(ii) গ্যাসের আণবিক ওজন উহার বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ।

(iii) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের গ্রাম-আণবিক ওজনের আয়তন 22·4 লিটার।

6. 'অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পে'র গুরুত্বপূর্ণ অবদানগুলি আলোচনা কর।

7. 'মোল' কথাটি রসায়নে কি অর্থে ব্যবহৃত হয় ? প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 গ্রাম-অণু গ্যাসে কত মোল গ্যাস অণু থাকে ? [*Ans* : 1 মোল]

8. এক মোল অক্সিজেন পরমাণু, 1 মোল নাইট্রোজেন অণু ও এক মোল অ্যামোনিয়াম আয়রন (NH_4^+) বলিতে, যথাক্রমে কি বুঝায় ?

9. নিম্নলিখিত শূন্যস্থানগুলি পূর্ণ কর :

(i) যৌগের অন্তিম কণা — কিন্তু মৌলের অন্তিম কণা —।

(ii) এক গ্রাম অণু যৌগে — সংখ্যক অণু থাকে, এবং এক গ্রাম পরমাণু মৌলে — সংখ্যক পরমাণু থাকে।

(iii) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অণুগুলি একপরমাণুক (monatomic) ; নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বাষ্পঘনত্ব উহার পারমাণবিক ওজনের — ।

(iv) অক্সিজেনের আণবিক ওজন — , কিন্তু এক অণু অক্সিজেনের ওজন — ।

(v) হাইড্রোজেনের অণু (H_2) দুইটি পরমাণু যোগে গঠিত ; কিন্তু অ্যামোনিয়ার অণু (NH_3) চারিটি পরমাণু যোগে গঠিত ; N. T. P'তে এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের আয়তন — ; N. T. P'তে এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়ার আয়তন — ।

10. প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 সি. সি. অক্সিজেনে কতগুলি অক্সিজেন অণু থাকে ? 1টি অক্সিজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন কি ? [I. I. T.—'76] [*Ans* : $2{\cdot}68 \times 10^{19}$ অণু ; $2{\cdot}65 \times 10^{23-}$ গ্রাম]

11. একটি প্রস্তর গোলকের ওজন 1 কিলোগ্রাম। পৃথিবীর ওজন 6×10^{27} গ্রাম। পৃথিবীকে ওজন করিতে ঐরূপ প্রস্তর গোলক কত মোল লাগবে ? [*Ans* : 10 মোল]

12. (i) 1 মোল নাইট্রিক অ্যাসিড অণুর মধ্যে কত মোল অক্সিজেন পরমাণু আছে ? [*Ans* : 3 মোল]

(ii) 1 মোল সালফিউরিক অ্যাসিড অণুর মধ্যে কত মোল অক্সিজেন পরমাণু আছে ? [*Ans* : 4 মোল]

(iii) 49 গ্রাম H_2SO_4 অর্থে কত মোল সালফিউরিক অ্যাসিড ? [*Ans* : 0·5 মোল]

(iv) 9·0 গ্রাম অ্যালুমিনিয়ামে কত মোল অ্যালুমিনিয়াম-পরমাণু আছে ? [*Ans* : 1/3 মোল]

(v) 0·83 গ্রাম আয়রনে কত মোল আয়রন পরমাণু আছে ? [*Ans* : 0·01487 মোল]

13. কোন পরীক্ষার জল, অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রত্যেকটির 10 গ্রাম ওজন লওয়া হইল ; মোল অনুপাতে পদার্থগুলি যথাক্রমে কত কত মোল লওয়া হইল ? [*Ans* : 0·55 মোল ; 0·58 মোল ; 0·27 মোল]

14. একই উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার ক্লোরিন, সম-আয়তন অক্সিজেন অপেক্ষা 2·22 গুণ ভারী। ক্লোরিনের আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [*Ans.* 71]

15. নিম্নলিখিত গ্যাসগুলির বাষ্প ঘনত্ব কি ?

(i) অক্সিজেন (ii) ক্লোরিন (iii) সালফার ডায়কসাইড (iv) কার্বন মনোকসাইড (v) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড [*Ans* : (i) 16 (ii) 35·5 (iii) 32 (iv) 14 (v) 18·25]

16. ধরা যাক একটি মৌল A'র পারমাণবিক ওজন 12·01 এবং অপর একটি মৌল B'র পারমাণবিক ওজন 35·5। যদি 1 মোল A, 4 মোল B'র সহিত যুক্ত হইয়া 1 মোল X যৌগ উৎপন্ন করে তাহা হইলে X যৌগের 1 মোলের ওজন কত ? [*Ans* : 154·01]

17. একটি গ্যাসীয় বিক্রিয়া নিম্নরূপ—

$$\underset{\text{1 আয়তন}}{A} + \underset{\text{1 আয়তন}}{B} = \underset{\text{2 আয়তন}}{2C}$$

যদি A'র অণুস্থ পরমাণু সংখ্যা X হয়, B'র অণুস্থ পরমাণু সংখ্যা Y হয় এবং C'র অণুস্থ পরমাণু সংখ্যা Z হয়, প্রমাণ কর—

(i) X জোড় সংখ্যা হইলে Y-ও জোড় সংখ্যা হইবে।

(ii) X বিজোড় সংখ্যা হইলে Y-ও বিজোড় সংখ্যা হইবে।

18. পৃথিবীর লোক সংখ্যা তিনশত কোটি। প্রত্যেককে লক্ষ টাকা করিয়া বণ্টন করিয়া দিতে হইলে, মোট কত মোল টাকা প্রয়োজন ? [*Ans* : 5×10^{-10} মোল টাকা (প্রায়)]

19. (i) 0·6 মোল ফসফিনে (PH_3), কত গ্রাম ফসফিন আছে ?

(ii) 0·15 মোল PH_3-তে কত মোল P পরমাণু ও কত মোল H পরমাণু আছে ?

(iii) 0·2 মোল PH_3-তে কত গ্রাম P এবং কত গ্রাম H আছে ?

(iv) 0·5 মোল PH_3-তে কত সংখ্যক PH_3 অণু আছে ?

(v) 0·25 মোল PH_3-তে কতগুলি P এবং কতগুলি H পরমাণু আছে ?

[*Ans* : (i) 20·4 গ্রাম ; (ii) 0·15, 0·45 ; (iii) 6·2 গ্রাম, 0·6 গ্রাম ; (iv) 3×10^{23}, (v) $1{\cdot}5 \times 10^{23}$, $4{\cdot}5 \times 10^{23}$]

20. একটি অজ্ঞাত সংকেত যৌগের 1 অণুর ওজন $3·27 \times 10^{-22}$ গ্রাম, যৌগটির আণবিক ওজন কি ?
[*Ans* : 196·9]

21. (i) 0·90 গ্রাম জলের মধ্যে অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা কত ?
[W. B. H. S. '78] [*Ans* : $3·01 \times 10^{22}$]

(ii) 0·50 গ্রাম জলের মধ্যে কত অণু জল বর্তমান ?
[W. B. H. S. (Voc.)'78] [*Ans* : $1·58 \times 10^{22}$]

(iii) 0·3175 গ্রাম কপারের মধ্যে কতগুলি কপারের পরমাণু আছে ?
[*Ans* : $3·01 \times 10^{23}$ পরমাণু]

22. (i) 0·50 গ্রাম পরমাণু Cu (ii) $1·0 \times 10^{23}$ পরমাণু Cu (iii) 0·635 গ্রাম কপার—এই তিনটি ক্ষেত্রের কোনটিতে সর্বাধিক সংখ্যক পরমাণু আছে ? [*Ans :* প্রথম ক্ষেত্রে]

23. (i) প্রমাণ চাপ ও তাপে 10 লিটার CO_2 গ্যাস (ii) 1 গ্রাম অণু CO_2 এবং (iii) $1·1 \times 10^{23}$ অণু CO_2 গ্যাস—এই তিনটি ক্ষেত্রের কোনটিতে সর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক অণু আছে ?
[*Ans* : তৃতীয় ক্ষেত্রে]

24. (i) এক অণু জলের আয়তন কত ? (জলের ঘনত্ব 1 গ্রাম/সি. সি.)

(ii) জলের মধ্যে একটি অক্সিজেন পরমাণুর ব্যাস কত ? (অক্সিজেন পরমাণু জলের আয়তনের অর্ধেক অংশ অধিকার করে)

[*Ans* : (i) $2·99 \times 10^{-23}$ মি. লি. ; (ii) $3·056 \times 10^{-8}$ সে. মি.]

25. N. T. P'তে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন কত এবং এবং ঐ আয়তনে কতগুলি হাইড্রোজেনের অণু আছে ? [H. S. 1972]
[*Ans* : 11·2 লিটার ; $2·68 \times 10^{22}$]

চতুর্থ অধ্যায়	রাসায়নিক সমীকরণ ও যোজ্যতা প্রতীক—সংকেত—যোজ্যতা—রাসায়নিক সমীকরণ।

প্রতীক বা চিহ্ন
(Symbol)

কোন বস্তু বা প্রক্রিয়াকে সংক্ষেপিতরূপে প্রকাশ করার জন্য প্রতীকের ব্যবহার দীর্ঘকাল হইতেই প্রচলিত আছে। সহজ এবং দ্রুত লিখনের জন্যই প্রতীকের ব্যবহার প্রয়োজন। যেমন গণিতে—সাংকেতিক চিহ্নগুলি +, −, ×, ÷, এগুলি বিশেষ গাণিতিক প্রক্রিয়ার সংক্ষেপিত প্রতীক। আমরা নাম সই করার সময় বা মনোগ্রামে আমাদের নাম কয়েকটি অক্ষরে সংক্ষেপিত করি। রসায়নেও নানা মৌলের ও যৌগের উল্লেখে, ব্যবহারিক সুবিধা ও দ্রুত লিখনের জন্য উহাদের সংক্ষেপিত রূপ প্রয়োজন হয়।

একটি মৌলের পূর্ণ নামের যে সংক্ষেপিত রূপ, উহাকে তাহার **'রাসায়নিক প্রতীক'** (Chemical Symbol) বলা হয়। এই প্রতীকগুলি—পৃথিবীর সব সভ্য দেশেই আন্তর্জাতিক রূপে গৃহীত।

● মৌলের প্রতীকরূপে, উহার ইংরাজী নামের আদ্যাক্ষরই প্রধানত গৃহীত হয় এবং উহাদের ইংরাজী বড় অক্ষরে (capital letter) প্রকাশ করা হয়। যেমন, হাইড্রোজেনের (Hydrogen) প্রতীক H ; অক্সিজেনের (Oxygen) প্রতীক O ; ইউরেনিয়মের (Uranium) প্রতীক U ইত্যাদি। এই পদ্ধতি 1811 সালে প্রথম প্রস্তাব করেন সুইডিস বিজ্ঞানী **বার্জিলিয়স**।

● যেখানে দুই বা ততোধিক মৌলের নাম একই ইংরাজী অক্ষর দ্বারা সুরু হয়, তখন একটি মৌলের নাম ঐ আদ্যাক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয় এবং অন্য মৌলগুলির বেলায় ঐ আদ্যাক্ষরের সহিত আরো একটি অক্ষর (যেটি, উচ্চারণে আদ্যাক্ষরের পরই ধ্বনিগত দিক দিয়া অংশ গ্রহণ করে) যোগ করিয়া উহাদের প্রতীক সৃষ্টি হয়। যেমন, ক্যালসিয়াম (Calcium), ক্রোমিয়াম (Chromium), কোবল্ট (Cobalt), ক্যাডমিয়াম (Cadmium), সিসিয়াম (Cesium), সিরিয়াম (Cerium), সব মৌলগুলিরই নামের সুরু—ইংরাজী C অক্ষর দিয়া। এখানে পূর্বোক্ত নিয়ম অনুসারে মৌলগুলির নামের প্রতীক যথাক্রমে—Calcium—Ca, Chromium—Cr, Cobalt—Co, Cadmium—Cd, Cesium—Cs এবং Cerium—Ce।

● অনেক সময় ইংরাজী নামের পরিবর্তে মৌলের প্রাচীন ল্যাটিন নামকেই গ্রহণ করিয়া, সেই অনুসারে মৌলের সংকেত সূচনা করা হয় ; যেমন, কপার (Cuprum) Cu, লৌহ (Ferrum) Fe, পটাশিয়াম (Kalium) K, সোডিয়াম (Natrium) Na, লেড (Plumbum) Pb, মার্কারি (Hydrargium) Hg, সিলভার (Argentum) Ag, গোল্ড (Aurum) Au, টিন (Stannum) Sn.

● প্রতীক কেবলমাত্র মৌলের সংক্ষেপিত নামই প্রকাশ করে না, উহা গুণগত (qualitative) ও মাত্রাগত (quantitative) অর্থও প্রকাশ করে। শুধু H লিখিলে, গুণগত অর্থে ইহা হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু বুঝায়; পরিমাণগত অর্থে, ইহা হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন বা 1 ভাগ হাইড্রোজেনও বুঝায়।

● প্রতীকের সহিত বামে পূর্ণ সহগ যোগ করিলে উহা সেই সংখ্যক মৌলের পরমাণু বুঝায়; যেমন H অর্থে 1 পরমাণু হাইড্রোজেন, 2H অর্থে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন বুঝায়।

● প্রতীকের দক্ষিণে, নিম্নে সংখ্যা যোগ করিলে উহা অণুর মধ্যে বর্তমান পরমাণু সংখ্যা বুঝায়। যেমন H_2 অর্থে অণুর মধ্যে বর্তমান দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু বুঝায়। 4P অর্থে চারিটি ফসফোরাস পরমাণু, কিন্তু P_4 অর্থে চারিটি ফসফোরাস পরমাণুযুক্ত একটি ফসফোরাসের অণু।

উপরোক্ত আলোচনা অনুসারে, মৌলের ইংরাজী বা ল্যাটিন নামের আদ্যাক্ষর বা আদ্যাক্ষরের সহিত আরো একটি অক্ষর যুক্ত করিয়া মৌলটির পূর্ণ নামের যে সংক্ষেপিত রূপ, উহাকেই মৌলের **চিহ্ন** বা **প্রতীক** (symbol) বলা হয়। ব্যবহারিক সুবিধা ও দ্রুত লিখনের জন্য, প্রতীক বিশেষ উপযোগী।

সংকেত বা আণবিক সংকেত
(Formula or Molecular formula)

একটি পদার্থের মূল অণুর সংক্ষেপিত রূপকে উহার 'সংকেত' (Molecular formula) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বিভিন্ন মৌল উহাদের পরমাণুর যে অনুপাতে যৌগ পদার্থের একটি অণু গঠন করে—সংকেতে, সেই মৌলগুলি তাহাদের যথাযথ প্রতীকের সাহায্যে ও তাহাদের পরমাণুগুলি যৌগে যে অনুপাতে বর্তমান থাকে সেইগুলিকে যথাযথ সংখ্যার সাহায্যে প্রকাশ করিলে, আণবিক সংকেত পাওয়া যায়।

যেমন, জলের একটি অণুতে দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু (প্রতীক H_2) এবং একটি অক্সিজেনের পরমাণু (প্রতীক O) থাকে; অতএব জলের সংকেত, বা একটি জল-অণুর সংকেত H_2O।

কষ্টিক সোডা যৌগটির অণু—সোডিয়াম (Na), অক্সিজেন (O) এবং হাইড্রোজেন (H) এই তিনটি মৌলের প্রত্যেকটির একটি করিয়া পরমাণু লইয়া গঠিত; অতএব কষ্টিক সোডার সংকেত—NaOH.

সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু (H_2), একটি সালফার পরমাণু (S) ও চারিটি অক্সিজেনের পরমাণু (O_4) থাকে। অতএব ইহার সংকেত—H_2SO_4.

পদার্থের আণবিক সংকেত হইতে—

● উহার উপাদান মৌলগুলি জানা যায়;

- অণুতে উপাদান মৌলগুলির প্রত্যেকটির যে পরমাণু-সংখ্যা বর্তমান—তাহা জানা যায় ;
- যেহেতু আণবিক সংকেতে নির্দিষ্ট সংখ্যক মৌলের নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণু থাকে অতএব মোট মৌলগুলির মোট পারমাণবিক ওজনের সমষ্টি হইতে আণবিক ওজন জানা যায় ; লিখিত যৌগের সংকেত, পরিমাণগত দিক দিয়া উহার আণবিক ওজন প্রকাশ করে ;
- মৌলগুলি যৌগের মধ্যে কে কি পরিমাণ ওজনে বর্তমান, তাহা জানা যায় ;
- মৌলগুলির যোজ্যতা জানা থাকিলে, আণবিক সংকেতকে ভিত্তি করিয়া অণুটির গঠনসজ্জা ও সংযুতি সংকেত (structural formula) বুঝা যায়।

যোজ্যতা
(Valency)

পৃথিবীর যাবতীয় পদার্থ, যা আমরা দেখিয়া থাকি, তাহা 90টি স্থায়ী মৌল, বা উহাদের পারস্পরিক সম্মিলনে উৎপন্ন যৌগ পদার্থের মধ্যেই সীমাবদ্ধ। মৌলগুলি যে পরস্পর সংযুক্ত হইয়া যৌগ উৎপন্ন করে, ইহার মধ্যে কতকগুলি শর্ত থাকে। যে-কোন মৌল অপর কোন মৌলের সহিত সংযুক্ত হইয়া যৌগ উৎপাদনে সক্ষম নয়। সাধারণত, অধাতু অধাতুর সহিত বা অধাতু ধাতুর সহিত মিলিত হইয়া রাসায়নিক যৌগ উৎপন্ন করে, কিন্তু ধাতু ধাতুর সহিত মিলিত হইয়া যথার্থ রাসায়নিক যৌগ উৎপন্ন করে না।* অর্থাৎ, দুইটি মৌলের মধ্যে আকর্ষণ বা রাসায়নিক আসক্তি (Chemical affinity) থাকিলে তবেই উহারা যৌগ উৎপন্ন করে। রাসায়নিক আসক্তি—মৌলগুলির নিজস্ব ধর্ম এবং উহাদের বিশেষ ইলেকট্রনীয় গঠনের (electronic structure) উপরই নির্ভর করে।†

আবার, দুইটি মৌলের পরমাণুগুলি যে মাত্রায় পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া যৌগ গঠন করে—ঐ মাত্রাও, যৌগভেদে বিভিন্ন হয়। যেমন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গঠনকালে, উহাদের একটি করিয়া পরমাণু যুক্ত হইয়া HCl যৌগের একটি অণু গঠন করে ; কিন্তু, হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া যৌগ গঠন কালে—দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি অক্সিজেনের পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া, H_2O যৌগের অণু গঠন করে। এই দুইটি উদাহরণ হইতেই বুঝা যায়—একটি Cl পরমাণুর, একটি H পরমাণুকে আকর্ষণ করিয়া নিজের সহিত যোজন করিবার যে ক্ষমতা, উহার তুলনায়—একটি O পরমাণুর H পরমাণুকে আকর্ষণ করিয়া নিজের সহিত যোজন করিবার ক্ষমতা, দ্বিগুণ।

---

* আন্তর্ধাতব যৌগ (Intermetallic compounds) নামে এক শ্রেণীর যৌগ ইহার ব্যতিক্রম।

† দ্বিতীয় খণ্ড : 1, 2, 3 অধ্যায়ে—এ প্রসংগে বিস্তৃত আলোচনা থাকিবে।

এই যোজন-ক্ষমতা বা যোজ্যতা, প্রতি মৌল পরমাণুরই নিজস্ব বৈশিষ্ট্য। যৌগ গঠনকালে মৌলগুলি নিজস্ব যোজ্যতা অনুসারেই, যৌগ গঠন করে। অতএব যোজ্যতার ধারণা—মৌলের ধর্ম ও যৌগের প্রকৃতি উভয় ক্ষেত্রেই বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

যোজ্যতা পরিমাপের ক্ষেত্রে একটি এককের অবতারণা প্রয়োজন। এই পরিমাপের জন্য সাধারণত একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে একক ধরা হয়; অর্থাৎ একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর যোজ্যতা 1 ধরিয়া লওয়া হয়। এই এককে, অন্য একটি **মৌলের একটি পরমাণু, যৌগ গঠনকালে, যতগুলি সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়—উহাই তাহার যোজ্যতা।** হাইড্রোজেন পরমাণুকে একক ধরার সুবিধা এই যে, সাধারণত যৌগগুলিতে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত মৌলের পরমাণু সংখ্যা, হাইড্রোজেনের পরমাণু সংখ্যার সহিত সমান হয় বা উহা অপেক্ষা কম হয়।* সুতরাং, এই এককে নির্ধারিত যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা হয়।

উদাহরণ ঃ

যোজ্যতা নিরূপণ

মৌল	হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত যৌগ	যৌগে, মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত, H পরমাণুর সংখ্যা	মৌলের যোজ্যতা
Br	HBr	1	1
O	H_2O	2	2
S	H_2S	2	2
N	NH_3	3	3
C	CH_4	4	4

উপরোক্ত আলোচনা এবং তালিকানুসারে H, Cl, Br প্রত্যেকেরই যোজ্যতা 1; S, O-এর যোজ্যতা 2; N-এর যোজ্যতা 3; C-এর যোজ্যতা 4.

যে ক্ষেত্রে কোন মৌলের হাইড্রোজেন-যৌগ জানা নাই সে ক্ষেত্রে Cl-পরমাণুকে একক ধরিয়া (H-এর আপেক্ষিকে Cl-এর যোজ্যতা 1) মৌলের ক্লোরিন-যৌগ হইতে যোজ্যতা নির্ধারণ করা যায়। যেমন, কপার Cl-এর সহিত, $CuCl_2$ অণু গঠন করে; অতএব, Cu-এর যোজ্যতা 2। অক্সিজেনের যোজ্যতা 2, এই অনুসারে, অনুরূপভাবে মৌলের অক্সিজেন-যৌগ হইতেও যোজ্যতা গণনা করা যায়। Al, অক্সিজেনের সহিত Al_2O_3 অণু গঠন করে; এক্ষেত্রে 2টি Al পরমাণু, 3টি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত

* আপাতব্যতিক্রম হাইড্রোজোয়িক অ্যাসিড N_3H; বস্তুত, ইহা ব্যতিক্রম নয়; ইহার গঠন $N{\equiv}N{=}N{-}H$.

যুক্ত ; 3টি অক্সিজেনের মোট যোজ্যতা (হাইড্রোজেন এককে) $3 \times 2 = 6$; অতএব, প্রতি Al পরমাণুর যোজ্যতা $6 \div 2 = 3$.

মৌলের যোজ্যতা—যে বিশেষ যৌগ হইতে উহার গণনা করা হইয়াছে, তাহার উপর নির্ভর করে। যৌগ ভেদে, মৌলের যোজ্যতাও পৃথক হয়। কোন কোন মৌলের বেলায় উহাদের উৎপন্ন সব যৌগের ক্ষেত্রেই, যোজ্যতা স্থির দেখা যায়, যেমন Na, K, F প্রভৃতির ক্ষেত্রে যোজ্যতা সর্বদাই 1 ; Ca, Mg, Zn, Ba ইত্যাদির ক্ষেত্রে যোজ্যতা সর্বদাই 2. Al-এর যোজ্যতা সর্বদাই 3 , C-এর যোজ্যতা সর্বদাই 4. আবার কোন কোন ক্ষেত্রে একই মৌল একাধিক যোজ্যতাসম্পন্ন। যেমন, P দুইটি Cl-যৌগ উৎপন্ন করে—PCl_3 এবং PCl_5 ; প্রথমটিতে P-এর যোজ্যতা 3, দ্বিতীয়টিতে P-এর যোজ্যতা 5। S-এর কয়েকটি যৌগ H_2S, SO_2, SO_3 ; এগুলিতে S-এর যোজ্যতা যথাক্রমে 2, 4 ও 6 ; অতএব, দেখা যাইতেছে, সাধারণভাবে যোজ্যতা স্থির সংখ্যা নয়, মৌল এক থাকিলেও যৌগ ভেদে উহার যোজ্যতা পরিবর্তনীয়। †

যোজ্যতার নিম্নতম মাত্রা 0। কতকগুলি গ্যাসীয় মৌল আছে* যাহারা প্রচলিত রাসায়নিক যৌগ পদার্থ গঠন করে না ; এগুলি নিষ্ক্রিয় (inert) এবং এগুলির যোজন ক্ষমতা শূন্য, বা যোজ্যতা 0। আবার সর্বাধিক যোজ্যতা লক্ষ্য করা যায় অসমিয়াম (Os) মৌলের ক্ষেত্রে ; ইহার যোজ্যতা 8। **0 হইতে ৪, ইহাই যোজ্যতার পরিসীমা।**

যোজ্যতার পরিমাণ অনুযায়ী মৌলগুলিকে একযোজী (monovalent), দ্বিযোজী (bivalent), ত্রিযোজী (trivalent), ইত্যাদি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। এখানে কতকগুলি মৌলকে যোজ্যতা অনুযায়ী শ্রেণীভুক্ত করা হইয়াছে। এই তালিকাটি বিশেষভাবে স্মরণযোগ্য ; ইহার সাহায্যে, যে কোন সময়ে বিভিন্ন মৌল সহযোগে উৎপন্ন যৌগের সঠিক সংকেত লেখা যায়।

---

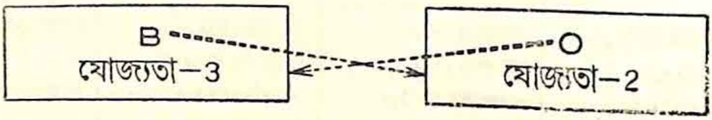
† যে সব মৌলের একাধিক যোজ্যতা থাকে, উহাদের ক্ষেত্রে অপর একটি মৌলের সহিত উৎপন্ন যৌগে, প্রথম মৌলটির একাধিক যোজ্যতার কোনটি ব্যবহার্য ; এটি প্রাথমিক শিক্ষার্থীর কাছে বিভ্রান্তির সৃষ্টি করে। এ সম্বন্ধে একটি মোটামুটি নিয়ম—(1) হাইড্রোজেন বা ধাতুর (বিজারক পদার্থ) সহিত সম্মিলনে, নিম্নতম যোজ্যতা ব্যবহার্য ; যেমন, Na_2S, H_2S—S-এর নিম্নতম যোজ্যতা 2 ব্যবহার্য (2) F, Cl, O-এর (জারক পদার্থের) সহিত সম্মিলনে মৌলটির উচ্চতম যোজ্যতা ব্যবহার্য ; যেমন, SF_6 (S-এর যোজ্যতা 6), SO_3 (S-এর যোজ্যতা 6), PCl_5 (P-এর যোজ্যতা 5), P_2O_5 (P-এর যোজ্যতা 5) ইত্যাদি।

* ছয়টি গ্যাসীয় মৌল : হিলিয়াম (He), নিয়ন (Ne), আর্গন (Ar), ক্রিপ্‌টন (Kr), জেনন (Xe) ও রেডন (Rn)। এগুলিকে বিরল গ্যাস (rare gases) বা নিষ্ক্রিয় গ্যাস (inert gases) বলা হয়। যোজ্যতা শূন্য বলিয়া ইহারা প্রকৃতিতে মৌলরূপে থাকে।

[সম্প্রতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলিরও কিছু কিছু যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। এই বিষয়টি উচ্চতর রসায়নের অন্তর্ভুক্ত। সেই কারণে, যথার্থ অর্থে 'নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির যোজ্যতা শূন্য' এই সিদ্ধান্ত সঠিক নয়।]

● বোরন অক্সাইডের সংকেত :

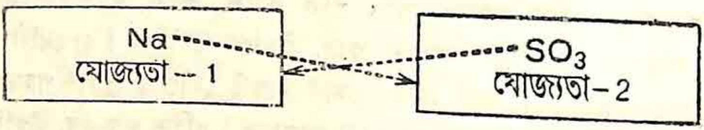
সংক্ষেপে লেখা যায়—



উপরোক্ত নিয়মানুসারে যৌগ সংকেত—B_2O_3

● সোডিয়াম সালফাইটের সংকেত :

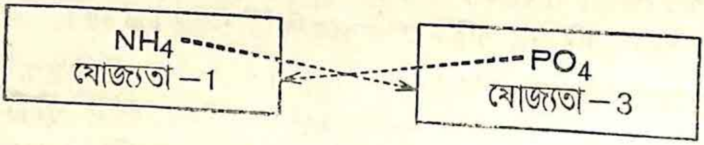
সংক্ষেপে লেখা যায়—



নিয়মানুসারে যৌগ সংকেত : Na_2SO_3

● অ্যামোনিয়াম ফসফেটের সংকেত :

সংক্ষেপে লেখা যায়—

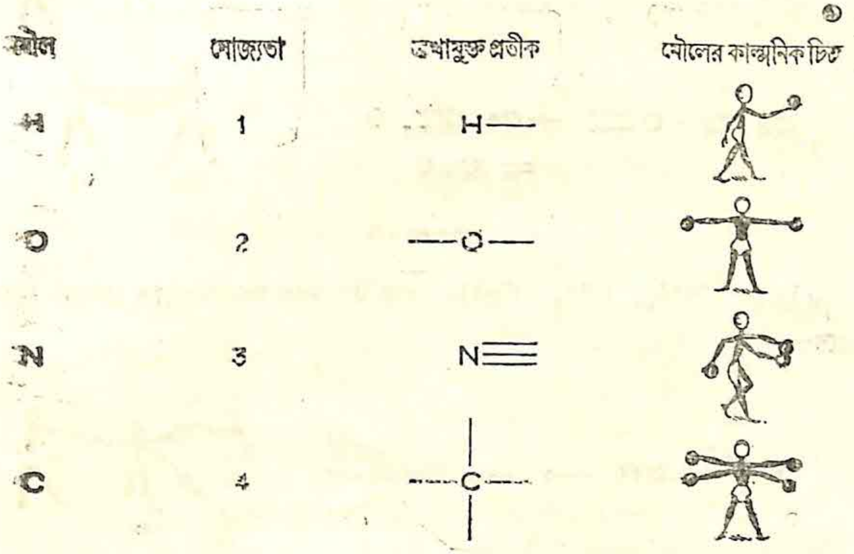


নিয়মানুসারে, যৌগ সংকেত $(NH_4)_3PO_4$.

যোজ্যতা ও রেখা সংকেত (Valency & Graphic formula) :

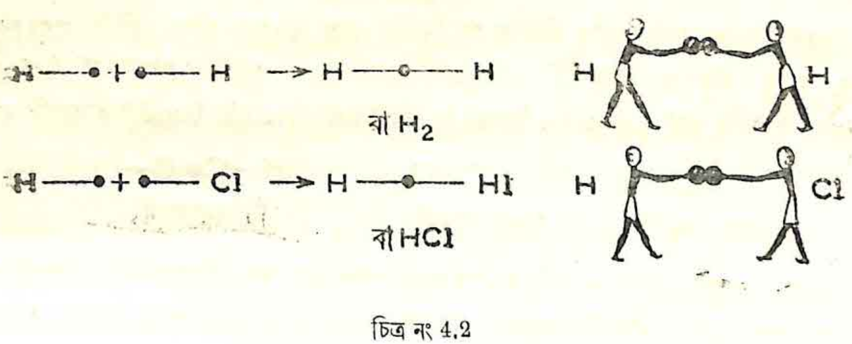
যোজ্যতা নিয়ম হইতে, কোন যৌগে মৌলগুলির বর্তমান পরমাণু সংখ্যাগুলি জানা যায়। কিন্তু, যৌগে কোন্ বিশেষ পরমাণুটি কোন্ বিশেষ পরমাণুর সহিত পারমাণবিক ক্রমসজ্জায় যুক্ত থাকে তাহা জানা যায় না। যেমন, একটি বাড়ীর মোট ঘরের সংখ্যা ও বারান্দার সংখ্যা জানিলেই বাড়িটির প্যাটার্ন বুঝা যায় না—উহার জন্য নক্শা আঁকা প্রয়োজন, তেমনই একটি অণুর মধ্যে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলির সংখ্যা জানিলেই অণুটির সঠিক রূপ জানা যায় না ; গঠনসজ্জা জানিবার জন্য, উহারও বিশেষ নক্শা প্রয়োজন। এই অংকিত নক্শাকে যৌগের 'রেখা সংকেত' (Graphic formula) বলা হয়।

কোন মৌলের যোজ্যতাকে, রসায়নে সুবিধার জন্য ক্ষুদ্র রেখার (hyphens) দ্বারা সূচিত করা হয়। (এই রেখাগুলি কাল্পনিক হাতের মতো।) যোজ্যতানুযায়ী, মৌলের পরমাণুর রেখাসংখ্যা নির্দিষ্ট ; যেমন—



চিত্র নং 4·1

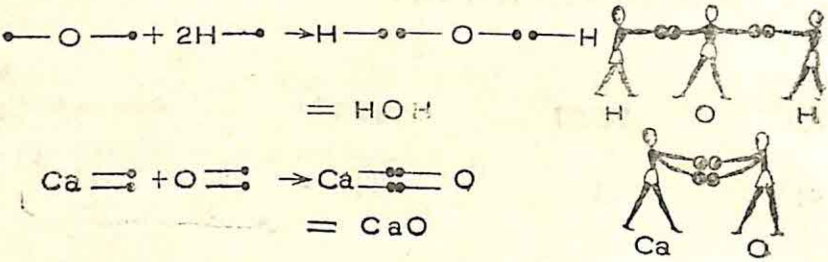
একযোজী পরমাণুগুলির সংযোজন অর্থে, উহাদের পারস্পরিক যোজ্যতার প্রশমন অর্থাৎ নিজস্ব যোজ্যতা রেখাগুলির পারস্পরিক সংযোজন ঘটে।



চিত্র নং 4.2

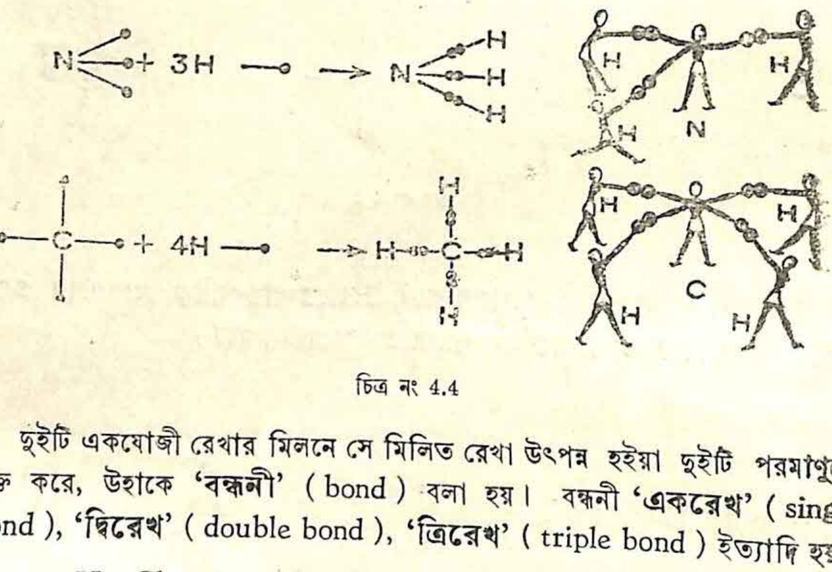
দ্বিযোজী মৌলের একটি পরমাণুর দুইটি রেখা, দুইটি একযোজী পরমাণুর একটি করিয়া রেখার সহিত মিলিত হইতে পারে (অর্থাৎ একটি দ্বিযোজী মৌলের পরমাণু,

দুইটি একযোজী মৌলের পরমাণুর সহিত মিলিত হয়) অথবা, একটি দ্বিরেখাযুক্ত দ্বিযোজী পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে।



চিত্র নং 4.3

এইরূপে, NH_3, CH_4, CaH_2 প্রভৃতির সংযোজন নিম্নরূপে দেখান যাইতে পারে—



চিত্র নং 4.4

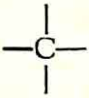
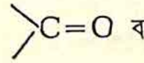
দুইটি একযোজী রেখার মিলনে যে মিলিত রেখা উৎপন্ন হইয়া দুইটি পরমাণুকে যুক্ত করে, উহাকে **'বন্ধনী'** (bond) বলা হয়। বন্ধনী **'একরেখ'** (single bond), **'দ্বিরেখ'** (double bond), **'ত্রিরেখ'** (triple bond) ইত্যাদি হয়।

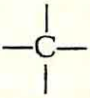
H—Cl	O=C=O	H—C≡C—H
একরেখ বন্ধনী	দ্বিরেখ বন্ধনী	ত্রিরেখ বন্ধনী

যখন একটি মৌল একাধিক যোজ্যতা সম্পন্ন হয় এবং উহার উচ্চ যোজ্যতা পূর্ণ করার জন্য অপর মৌলটির যথাযথ সংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকে না, তখন যে যৌগ উৎপন্ন হয়—উহাকে **'অপূর্ণ যৌগ'** (unsaturated compound) বলা হয়। যখন কোন উৎপন্ন যৌগে মৌলগুলির সকল পরমাণুই পরস্পরের যোজ্যতা পূর্ণ প্রশমিত করে, তখন যৌগটিকে **'পূর্ণ যৌগ'** (saturated compound) বলা হয়।

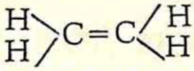
কার্বন মৌলের যোজ্যতা 4। ইহার 1টি পরমাণু দ্বিযোজী অক্সিজেনের 2টি পরমাণুর যোজ্যতাকে পূর্ণ প্রশমিত করিতে পারে। কার্বন অক্সিজেনের সহিত দুইটি যৌগ গঠন করে CO এবং CO_2। CO যৌগতে, কার্বনের 4 যোজ্যতার মধ্যে অক্সিজেন 2 যোজ্যতাকে প্রশমিত করে, অবশিষ্ট 2 যোজ্যতা অপ্রশমিত থাকে। CO একটি অপূর্ণ যৌগ। CO_2 যৌগতে, C-এর যোজ্যতা 2টি দ্বিযোজী পরমাণু-যোগে সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত হয়, ইহা একটি পূর্ণ যৌগ।

উপরোক্ত অপূর্ণ ও পূর্ণ যৌগকে রেখাচিত্রে নিম্নরূপে প্রকাশিত করা যায়—

 O= CO যৌগে  বা <C=O

 O= CO_2 যৌগে O=C=O

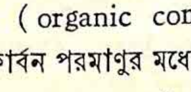
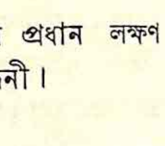
হাইড্রোকার্বন শ্রেণীর যৌগের মধ্যে ইথিলিন (C_2H_4), অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) প্রভৃতি, অপূর্ণ যৌগের উদাহরণ।

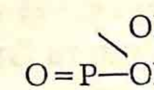
C_2H_4 

C_2H_2 H—C≡C—H

জৈব যৌগের (organic compound) অপূর্ণতার প্রধান লক্ষণ উহাদের রেখাচিত্রে দুইটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিরেখ বা ত্রিরেখ বন্ধনী।

রেখাচিত্রে, আরো কয়েকটি যৌগের উদাহরণ :

H_2SO_4  H_3PO_4 

N_3H N≡N=N—H Al_2O_3 

স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে, যৌগসৃষ্টির কালে পরমাণুর মধ্যে প্রকৃতই কোন রেখা জাতীয় বন্ধনীর অস্তিত্ব থাকে না, কিন্তু এই বন্ধনীর কল্পনা যৌগের ধর্ম ও ক্রিয়া-বিক্রিয়া ব্যাখ্যায় সবিশেষ উপযোগী।

রাসায়নিক সমীকরণ
(Chemical Equation)

একটি যৌগ বা একাধিক মৌল ও যৌগের মধ্যে যে রাসায়নিক ক্রিয়া-বিক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে, ঐগুলিকে রসায়নে সংক্ষেপিত

আকারে প্রকাশের জন্য যে পদ্ধতি অনুসৃত হয়, তাহাকে রাসায়নিক সমীকরণ বলা হয়।

উদাহরণ : $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$

$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

রাসায়নিক সমীকরণে,—

- যে বা যে যে মৌল বা যৌগ পদার্থের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে উহাদের অর্থাৎ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী মৌল বা যৌগ সমূহকে প্রতীক বা সংকেত যোগে সমীকরণের বামদিকে লেখা হয় এবং ইহাদের **বিক্রিয়ক** (reactant) বলা হয় ; একাধিক বিক্রিয়ক থাকিলে উহারা 'পরস্পরের সহিত একযোগে' বিক্রিয়া করে এই অর্থ বুঝাইতে উহাদের মধ্যে যোগচিহ্ন (+) দেওয়া হয়।

- বিক্রিয়কগুলির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার পর যে বা যে যে উৎপন্ন পদার্থ পাওয়া যায় উহাদের **বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ** (product) বলা হয়, বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থ সমূহকে যথাযথ প্রতীক বা সংকেত যোগে সমীকরণের ডানদিকে লেখা হয় ; একাধিক বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ উৎপন্ন হইলে উহারা 'একযোগে উৎপন্ন হইয়াছে' বুঝাইতে উহাদের মধ্যে যোগচিহ্ন (+) দেওয়া হয়।

- উৎপন্ন করে এই অর্থ প্রকাশের জন্য সমীকরণের দুইদিকের মধ্যে **তীরচিহ্ন** (→) বা **সমীকরণের চিহ্ন** (=) যুক্ত করা হয়। যে-কোন রাসায়নিক সমীকরণে, পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র অনুযায়ী, সমান চিহ্নটির (=) অর্থ বজায় রাখার জন্য, সমীকরণের বামদিকে যে যে মৌলের যতগুলি পরমাণু বর্তমান থাকে, দক্ষিণদিকেও সেই সেই মৌলের ঠিক ততগুলিই পরমাণু বর্তমান থাকে।

যেমন, $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

- কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, বিক্রিয়ক পদার্থগুলি যেমন বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ উৎপন্ন করে, আবার বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলিও বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থগুলি পুনরুৎপন্ন করে। এই জাতীয় বিক্রিয়াগুলির রাসায়নিক সমীকরণ লেখার কালে, বিক্রিয়ার **উভমুখীতা** (reversibility) বুঝাইতে বাম ও ডান দিকের মধ্যে উভমুখী তীরচিহ্ন ($\rightleftharpoons$) ব্যবহার করা হয়।

যেমন, $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

রাসায়নিক সমীকরণ হইতে জানা যায়,—

- গুণগত (qualitative) দিক দিয়া কোন্ বা কোন কোন্ বিক্রিয়ক পদার্থ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং কি বা কি কি বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ উৎপন্ন হয় ;
- মাত্রিক দিক (quantitative) দিয়া কত বা কত কত ওজনের বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থসমূহ কত বা কত কত ওজনের বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থসমূহ উৎপন্ন করে ;
- বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়ক পদার্থসমূহের কতগুলি পরমাণু, অণু বা মোল (mole) বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থসমূহের কতগুলি পরমাণু, অণু বা মোল উৎপন্ন করে ;
- সমীকরণটির বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থসমূহ গ্যাস হইলে, একই চাপ ও তাপে উহাদের আয়তনের পারস্পরিক অনুপাতগুলি জানা যায়।

রাসায়নিক সমীকরণ হইতে জানা যায় না,—

- রাসায়নিক বিক্রিয়াটির প্রয়োজনীয় শর্ত কি অর্থাৎ কোন বিশেষ অনুঘটক (catalyst), তাপ বা চাপ ইত্যাদি বিক্রিয়াটি ঘটাইতে প্রয়োজন কি না ?
- বিক্রিয়াটিতে, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের ভৌত অবস্থা কি ?
- বিক্রিয়াটিতে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের গাঢ়তা কি ?
- বিক্রিয়াটি উভমুখী কি না ?
- বিক্রিয়াটি কি গতিতে এবং কত সময়ে সম্পন্ন হয় ?
- বিক্রিয়াটিতে তাপের উদ্ভব বা শোষণ কোন্‌টি ঘটে ?

কয়েকটি রাসায়নিক সমীকরণের ব্যাখ্যা ঃ

(*i*) **সমীকরণ ঃ** $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

এই সমীকরণ হইতে জানা যাইতেছে—

- বিক্রিয়ক পটাশিয়াম ক্লোরেট, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।
- 2 অণু বা মোল, পটাশিয়াম ক্লোরেট, 2 অণু বা মোল পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও 3 অণু বা মোল অক্সিজেন উৎপন্ন করে।
- সমীকরণের বামদিকে পরমাণুর সংখ্যা $2[1(K)+1(Cl)+3(O)]$ বা মোট 10 এবং ডানদিকে পরমাণুর সংখ্যা $2[1(K)+1(Cl)]+3\times2(O)$ বা মোট 10।
- বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত,

$$2KClO_3 \quad = \quad 2KCl \; + \; 4O_2$$

মৌলগুলির যথাক্রমিক পারমাণবিক ওজন হইতে—

আণবিক ওজন $2(1\times39+1\times35{\cdot}5+3\times16)=2(39+35{\cdot}5)+3(2\times16)$

$$2(39+35{\cdot}5+48) \qquad 2(74{\cdot}5) \qquad 3(32)$$
$$2\times122{\cdot}5 \qquad 2\times74{\cdot}5 \qquad 3\times32$$
$$245 \quad = \quad 149 \quad + \quad 96$$

এই ওজন অনুপাতগুলিকে গ্রাম এককে প্রকাশ করিলে,

245 গ্রাম $KClO_3$ = 149 গ্রাম KCl + 96 গ্রাম O_2.

(*ii*) **সমীকরণ :** $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$

এই সমীকরণ হইতে জানা যাইতেছে যে,

- জিংক ধাতু, সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় জিংক সালফেট লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।
- 1 পরমাণু Zn, 1 অণু H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায়, 1 অণু $ZnSO_4$ ও 1 অণু হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।
- বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত (সংশ্লিষ্ট মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন হইতে গণনা করিয়া)

Zn	+	H_2SO_4	=	$ZnSO_4$	+	H_2
65		$(2\times1+1\times32+4\times16)$		$(65+32+4\times16)$		2×1
65		98		161		2

গ্রাম এককে 65 গ্রাম Zn + 98 গ্রাম H_2SO_4 = 161 গ্রাম $ZnSO_4$ + 2 গ্রাম H_2

(*iii*) **সমীকরণ :** $N_2+3H_2\rightleftharpoons2NH_3$

এই সমীকরণ হইতে জানা যাইতেছে যে,

- সমীকরণে উভয়দিকের মধ্যে একটি উভমুখী তীরচিহ্ন ব্যবহৃত হইয়াছে। সুতরাং বিক্রিয়াটি উভমুখী বিক্রিয়া। অর্থাৎ, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন বিক্রিয়ক হইলে বিশেষ শর্তাধীনে উহাদের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়, আবার অ্যামোনিয়া বিক্রিয়ক হইয়া বিশেষ শর্তাধীনে বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।
- বামদিক হইতে ডানদিকের তীরচিহ্ন ধরিয়া, 1 অণু বা 1 মোল নাইট্রোজেন ও 3 অণু বা 3 মোল হাইড্রোজেন, বিক্রিয়ায়, 2 অণু বা 2 মোল অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

● বামদিক হইতে ডানদিকের তীরচিহ্ন ধরিয়া, বিক্রিয়াটিতে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত (সংশ্লিষ্ট মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন হইতে গণনা করিয়া):

N_2	+	$3H_2$	=	$2NH_3$
2×14		3×2		$2(14+3\times1)$
28		6		2×17
গ্রাম এককে 28 গ্রাম N_2	+	6 গ্রাম H_2	=	34 গ্রাম NH_3

● বামদিকে হইতে ডানদিকের তীরচিহ্ন ধরিয়া এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (N.T.P.) যে-কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক ওজনের আয়তন 22·4 লিটার। এই নিয়ম অনুসারে, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির আয়তনিক অনুপাত:

	N_2	+	$3H_2$	=	$2NH_3$
	28 গ্রাম		6 গ্রাম		34 গ্রাম
	$1\times22·4$ লিটার		$3\times22·4$ লিটার		$2\times22·4$ লিটার
বা,	1 আয়তন	:	3 আয়তন	:	2 আয়তন

সমীকরণ গঠনের পদ্ধতি (Writing a chemical equation): রাসায়নিক সমীকরণ গঠনে,

● প্রথমে বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়কগুলির এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থগুলির ক্ষুদ্রতম স্থায়ী অংশকে প্রতীক ও সংকেতের সাহায্যে যথাক্রমে বাম ও ডানদিকে লিখিতে হইবে; যেমন, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, পটাশিয়াম ক্লোরেট বিক্রিয়ক এবং পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ; এইগুলিকে সংকেত ও প্রতীকে নিম্নরূপে লেখা হইল:

$$KClO_3 \qquad KCl \qquad O_2$$

মনে রাখিতে হইবে, ক্ষুদ্রতম স্থায়ী অংশ বলিতে যৌগের ও গ্যাসীয় মৌলের ক্ষেত্রে 1টি অণু লেখা হয়, কিন্তু ধাতুর ক্ষুদ্রতম অংশ বলিতে 1টি পরমাণু লেখা হয়।

● এখন উহাদের মধ্যে যথাযথ যোগচিহ্ন ও সমীকরণের চিহ্ন লিখিতে হইবে।

$$KClO_3 \quad = \quad KCl \quad + \quad O_2$$

এইভাবে, সমীকরণের মূল কাঠামোটি পাওয়া গেল।

● ইহার পর কাঠামো সমীকরণে, ক্ষুদ্রতম অংশগুলি অর্থাৎ **অণু বা পরমাণুগুলিকে অটুট রাখিয়া**, উভয়দিকের পরমাণু সংখ্যার যোগফল (এবং প্রতি মৌলের বাম ও ডানদিকে পরমাণু সংখ্যা) সমান করিতে হইবে; উপযুক্ত সহগ সংখ্যার দ্বারা ক্ষুদ্রতম অংশগুলিকে গুণ করিয়া উভয়দিকের পরমাণু সংখ্যা সমান করা যায়।

উপরের কাঠামো সমীকরণে, অক্সিজেন পরমাণু বামদিকে 3 ও ডানদিকে 2। এগুলিকে সমান করিতে হইলে বামদিকের অক্সিজেন উৎসটিকে 2 দিয়া গুণ ও ডানদিকে উৎপন্ন অক্সিজেন অণুকে 3 দিয়া গুণ করিতে হইবে।

$$2\times KClO_3 \quad = \quad KCl \quad + \quad 3\times O_2$$

কিন্তু, ইহার ফলে অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা উভয়দিকে সমান (6) হইলেও একই সঙ্গে এই গুণনের ফলে K এবং Cl-এর পরমাণু সংখ্যা দাঁড়াইল—2টি K পরমাণু ও 2টি Cl পরমাণু। ইহার সাম্য রাখিতে হইলে, ডানদিকে KCl-কে সহগ 2 দ্বারা গুণ করা প্রয়োজন।

$$2 \times KClO_3 = 2 \times KCl + 3 \times O_2$$

বা, $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

দেখা যাইতেছে, এই শেষ সমায়িত রূপে (balanced form) উভয়দিকের মোট পরমাণু সংখ্যা এবং প্রতিটি মৌলের ডান ও বামদিকে পরমাণু সংখ্যা সমতা রক্ষা করিতেছে। অতএব, এইটিই যথার্থ সমীকরণ। কারণ—

	বামদিকে	ডানদিকে
মোট K পরমাণু	2	2
মোট Cl পরমাণু	2	2
মোট O পরমাণু	6(2×3)	6(3×2)
মোট পরমাণু সংখ্যা	10	10

অর্থাৎ পূর্ণ সমীকরণ : $2KCl + 3O_2 = 2KClO_3$,

অনুশীলনী

1. চিহ্ন বা প্রতীক কাহাকে বলে? প্রতীক ব্যবহার প্রথম প্রচলন কে করেন? নিম্নের প্রতীকগুলিকে নামে ও নামগুলিকে প্রতীকে পরিবর্তিত কর :

Zn, Fe, S, I, Co, Cr, Cl, Hg, Ag, Au।

টিন, কপার, সিসিয়াম, ক্যাডমিয়াম, পটাশিয়াম, সোডিয়াম, নিকেল, ম্যাঙ্গানিজ, নিয়ন, জেনন, বোরন, বেরিলিয়াম।

2. একটি প্রতীক কি কি অর্থ প্রকাশ করে? S_8 ও 8S এই দুইটি প্রতীকের পার্থক্য কি? দুইটি মৌলের নাম একই ইংরাজী আদ্যাক্ষর দ্বারা শুরু হইলে—উহাদের প্রতীক কিরূপে লেখা হয়?

3. 'আণবিক সংকেত' বলিতে কি বুঝায়? আণবিক সংকেত হইতে কি কি জ্ঞাতব্য জানা যায়? নিম্নলিখিত আণবিক সংকেতগুলিকে যৌগের নামে, ও যৌগের নামগুলিকে আণবিক সংকেতে পরিবর্তিত কর—

(i) $K_2Cr_2O_7$, $Al_2(SO_4)_3$, Na_2O_2, Na_2HPO_4, $MgCl_2$, $Ca(OCl)Cl$, $CuSO_4$. $5H_2O$, $Ca(HCO_3)_2$, Fe_3O_4।

(ii) সালফিউরিক অ্যাসিড, ফেরাস সালফেট, ফেরিক সালফেট, সোডিয়াম অ্যালুমিনেট, ট্রাইসোডিয়াম ফসফেট, অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট।

4. নিম্নলিখিত যৌগগুলির সংকেত লিখ :

ষ্ট্যানাস ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ফসফেট, মার্কিউরাস নাইট্রেট; সোডিয়াম ডাইক্রোমেট, সোডিয়াম বাইকার্বনেট, অ্যামোনিয়াম আয়োডাইড।

5. 'যোজ্যতা' বলিতে কি বুঝায়? 'রাসায়নিক আসক্তি'র সহিত ইহার পার্থক্য কি? মৌলের যোজ্যতা কোন এককে নিরূপিত হয়? নিম্নলিখিত মৌলগুলির যোজ্যতা কি—

Cu, Na, Sn, Fe, Cr, N, P, S, O, Cr, Mn, Al, Ca।

5. 'যোজ্যতা'র উপর সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ। যোজ্যতা কি নিত্য সংখ্যা? 'নিয়নের যোজ্যতা শূন্য'—বাক্যটির ব্যাখ্যা কর। 'যোজ্যতা-নিয়ম' কি? যোজ্যতা নিয়মের সাহায্যে নিম্নলিখিত যৌগগুলির সংকেত রচনা কর—কিউপ্রিক সালফাইড, অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড, জিংক আয়োডাইড, ফেরাস সালফাইড, ফেরিক সালফাইড, ক্লোরিন হেপ্টক্সাইড, আয়োডিন পেন্টক্সাইড, ক্যালসিয়াম ফস্ফাইড।

6. (i) নিম্নলিখিত মূলকগুলিকে যোজ্যতা অনুসারে সজ্জিত কর—

$PO_4, SO_3, NO_3, NO_2, HCO_3, SO_4, CO_3, OH, BO_2$।

(ii) PO_4, SO_3, NO_3, SO_4, Ca, NH_4, Al, Cu—এইগুলির মধ্যে সম্ভাব্য যে যে যৌগ হইতে পারে, তাহাদের সংকেত লিখ।

7. 'রেখাসংকেত' কাহাকে বলে? নিম্নলিখিত যৌগগুলিকে রেখাসংকেতে প্রকাশ কর—

$H_2SO_4, Na_2CO_3, C_2H_5OH, COCl_2, H_3PO_4, CaCO_3, Al(OH)_3, Mg_3P_2$।

8. 'পূর্ণ ও অপূর্ণ যৌগ' কাহাকে বলে? নিম্নলিখিত যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টি পূর্ণ ও কোন্‌টি অপূর্ণ যৌগ—রেখাসংকেত যোগে ব্যাখ্যা কর:

$CH_4, C_2H_6, CO, CO_2, C_2H_2, C_2H_4$।

9. 'রাসায়নিক সমীকরণ' কাহাকে বলে? রাসায়নিক সমীকরণ হইতে কি কি তথ্য জানা যায়? সাধারণভাবে যে রাসায়নিক সমীকরণ লেখা হয়—উহা হইতে কি কি বিষয় জানা যায় না?

10. (i) $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$

(ii) $2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$

উপরোক্ত সমীকরণ দুইটি হইতে কি কি জ্ঞাতব্য তথ্য জানা যায়?

11. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ কর:—

(i) ফসফোরাস+অক্সিজেন=ফসফোরাস পেন্টক্সাইড

(ii) পটাশিয়াম+জল=পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন

(iii) ফেরিক অক্সাইড+অ্যালুমিনিয়াম=অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড+আয়রন

(iv) কিউপ্রিক অক্সাইড+অ্যামোনিয়া=কপার+নাইট্রোজেন+জল

(v) ক্যালসিয়াম+নাইট্রোজেন=ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড

(vi) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড+জল=অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড+হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

(vii) সোডিয়াম পারক্সাইড+জল=সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড+অক্সিজেন

12. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর—

(i) $Fe+H_2O=\cdots\cdots+4H_2$

(ii) $Mn_3O_4+HCl=MnCl_2+H_2O+\cdots\cdots$

(iii) $Pb(NO_3)_2=PbO+\cdots\cdots+O_2$

(iv) $Cu+HNO_3=Cu(NO_3)_2+\cdots\cdots+H_2O$

(v) $B+N_2=\cdots\cdots$

(vi) $Mg_3N_2+H_2O=\cdots\cdots+NH_3$

(vii) $2KMnO_4=\cdots\cdots+MnO_2+O_2$

(viii) $2Al+NaOH+\cdots\cdots=NaAlO_2+H_2$

(ix) $HClO_4+P_2O_5=\cdots+HPO_3$

(x) $KMnO_4+H_2SO_4+H_2O_2=KHSO_4+MnSO_4+\cdots\cdots O_2$

13. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির তথ্যপূর্ণ বর্ণনা কর:—

$2SO_2+O_2=2SO_3$

$CaCO_3=CaO+CO_2$

$2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+O_2$

পঞ্চম অধ্যায়

গ্যাস সূত্রাবলী

গ্যাসের আয়তন—গ্যাসের চাপ—গ্যাসের উষ্ণতা—প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপ—বয়েল সূত্র—চার্লস সূত্র—সম্মিলিত গ্যাস সূত্র—অবস্থা সমীকরণ—ডাল্টনের অংশ-প্রেষ সূত্র—গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র।

পদার্থ মাত্রেই কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়—এই তিন অবস্থার যে-কোন একটি রূপে অবস্থান করে। ইহার যে-কোন অবস্থাতেই পদার্থের উপর দুইটি শক্তি ক্রিয়া করে :

(1) **আকর্ষণী শক্তি**—পদার্থ মাত্রেরই অণুগুলির পরস্পরকে আকর্ষণ করিয়া নিকটে আনার একটি প্রবণতা থাকে। এই শক্তিকে 'আন্তরাণবিক আকর্ষণী শক্তি' বলা হয়। এই শক্তি (F) অণুগুলির পরস্পরের দূরত্বের (r) উপর নির্ভরশীল $\left(F \propto \frac{1}{r^2}\right)$। কঠিন পদার্থের অণুগুলি সর্বাধিক নৈকট্যে থাকে বলিয়া এই শক্তি সর্বাধিক এবং গ্যাসীয় পদার্থে অণুগুলি সর্বাধিক দূরত্বে থাকে বলিয়া এই শক্তি নিম্নতম। এই কারণেই কঠিন পদার্থের অণুগুলির মধ্যে সুনির্দিষ্ট নৈকট্য ও সুনির্দিষ্ট আকার সম্ভব হয়। তরল পদার্থে আকর্ষণী শক্তি কিছুটা দুর্বলতর বলিয়া আকৃতি কিছুটা অনির্দিষ্ট এবং গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে অণুগুলির ব্যবধান বৃহত্তম বলিয়া আকর্ষণী শক্তি নগণ্য ; ফলে গ্যাসীয় অবস্থায় অণুগুলি পরস্পরের নৈকট্যহীন হইয়া আকারহীন ও অনির্দিষ্ট আয়তন অধিকার করে।

(2) **বিকর্ষণী শক্তি**—পদার্থ মাত্রেরই অণুগুলির অন্তর্নিহিত একটি গতিশক্তি থাকে। এই গতিশক্তির ফলে অণুগুলি পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইবার ও দূরে সরিয়া যাইবার একটি প্রবণতা থাকে। তাপশক্তি বৃদ্ধির সহিত পদার্থের অণুগুলির এই গতিশক্তি ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায় এবং অণুগুলির আন্তরাণবিক আকর্ষণী শক্তি অতিক্রম করিয়া যায়, ফলে অণুগুলির ব্যবধান বাড়িতে থাকে এবং কঠিন তরলে ও তরল গ্যাসীয় পদার্থে রূপান্তরিত হয়।

পদার্থের তিনটি অবস্থার মধ্যে, গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থ বিশেষ কতকগুলি ধর্ম ও নিয়মের অধীন। এই ধর্মগুলির মধ্যে বিশেষ উল্লেখযোগ্য গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন। পদার্থ মাত্রেই যে স্থান অধিকার করে, উহাকে তাহার আয়তন (volume) বলা হয়। কঠিন ও তরল মাত্রেরই আয়তন উহার অণু-সংখ্যার সমানুপাতিক। অণু-সংখ্যা বা মোল যত বাড়িতে থাকে, কঠিন ও তরল পদার্থ তত বেশী আয়তন অধিকার করে। গ্যাসের আয়তন কিন্তু অণু-সংখ্যা বা মোলের উপর নির্ভর করে না। গ্যাসের মধ্যে অণুগুলির গতিশক্তি সর্বাধিক বলিয়া গ্যাসের অণুগুলি কেবলই পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া অধিকতর দূরত্বে সম্প্রসারিত হইতে চাহে। ফলে গ্যাসকে কোন পাত্রে আবদ্ধ না করিলে, উহার সম্প্রসারণ রোধ করা যায় না এবং আয়তনও পরিমাপ করা যায় না। আবার নির্দিষ্ট সংখ্যক গ্যাস-অণুকে কোন আবদ্ধ পাত্রে সংগ্রহ করিয়া

যে আয়তন পাওয়া যায়, আবদ্ধ পাত্রটির আয়তন, ঐ সংখ্যক অণুর আয়তন—এরূপ সিদ্ধান্ত করাও ভুল। কারণ ঐ আবদ্ধ পাত্রের উপর চাপ প্রয়োগ করিয়া অধিক সংখ্যক অণুকেও ঐ একই স্থান এবং আয়তনে সংকুলান করা সম্ভব। ফুটবল ব্লাডারে পাম্পযোগে বায়ু প্রবিষ্ট করার উদাহরণ সকলেরই পরিচিত। প্রতিবার পাম্পে আরও অধিক সংখ্যক বায়ু-অণু প্রবিষ্ট হয় ; কিন্তু ব্লাডারটির আয়তন নির্দিষ্ট থাকে। অর্থাৎ স্বল্প চাপে স্বল্প সংখ্যক বায়ু-অণুর আয়তন ব্লাডারের আয়তনের সমান ; আবার অধিক চাপে অধিক সংখ্যক বায়ু-অণুর আয়তনও ঐ একই ব্লাডারে একই আয়তনের সমান। সুতরাং, **গ্যাসীয় অণুর আয়তন চাপের উপর নির্ভরশীল**।

আবার, সাধারণ চাপে একটি বায়ুপূর্ণ বোতলে একটি ছিপি বদ্ধ করিয়া রাখিলে, বোতলের বায়ু-অণুগুলির মোট আয়তন, বোতলের অন্তঃস্থ আয়তনের সমান। এখন বোতলটিকে উষ্ণ জলে রাখিলে, কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় সশব্দে ছিপিটি উৎক্ষিপ্ত হইয়া উঠে। বোতলের মধ্যস্থ বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি ঘটিয়া সম্প্রসারণের জন্য ছিপিটির উপর চাপ প্রয়োগ করিয়া উহাকে ঠেলিয়া দেয় এবং ফলে মধ্যস্থ বায়ুর কিছু অণু বহির্গত হইয়া যায়। অর্থাৎ **গ্যাসীয় অণুর আয়তন তাপের উপর নির্ভরশীল**।

গ্যাসের অণুর অধিকৃত আয়তনের সহিত চাপ ও তাপের এই যে অঙ্গাঙ্গী সম্বন্ধ, ইহাই পরবর্তীকালে নানা পরীক্ষা-নিরীক্ষার ভিত্তিতে দুইটি বিখ্যাত নিয়ম বা সূত্ররূপে প্রতিষ্ঠা করেন সুবিখ্যাত বিজ্ঞানী **বয়েল** (1662) ও **চার্লস** (1787)। বয়েল এবং চার্লসের সূত্রের আলোচনার পূর্বে গ্যাসের আয়তন ও উষ্ণতার এককগুলি আলোচনা প্রয়োজন।

গ্যাসের আয়তন ঃ গ্যাসের অণুগুলি সকল দিকে সমভাবেই সম্প্রসারণ করে বলিয়া গ্যাসের আয়তন পরিমাপের জন্য একটি ত্রিমাত্রিক একক দরকার। সাধারণত গ্যাসের আয়তন ঘন সেন্টিমিটার বা কিউবিক সেন্টিমিটার (সংক্ষেপে—সি. সি. বা c.c.) অথবা ঘন মিলিলিটার বা কিউবিক মিলিলিটার (সংক্ষেপে—মি. লি. বা ml.) এককে মাপা হয়। মিলিলিটার এককটি অপেক্ষাকৃত আধুনিক বা বহুল ব্যবহৃত একক। সি. সি. ও মি. লি. এ দুইটি এককই সাধারণ গণনায় প্রায় একার্থক।

এক মিলিলিটার (1 ml.) = 1·000027 কিউবিক সেন্টিমিটার বা 1 c.c.

গ্যাসের চাপ ঃ গ্যাসের অণুগুলির ভর আছে এবং ইহারা গতিশক্তি সম্পন্ন বলিয়া সর্বদাই চলাচল করে। আবদ্ধ পাত্রে কোন গ্যাস রাখিলে এই চলাচলে বাধা সৃষ্টি হইয়া আবদ্ধ পাত্রে গ্যাস অণুগুলি ভিতরের দেওয়ালে প্রতিহত হইতে থাকে এবং ভরবেগ ($P = mf$) সম্পন্ন অণুগুলির এইরূপ প্রতিহত হওয়ার ফলে অণুগুলি **চাপ** (pressure) সৃষ্টি করে। এই চাপকে গ্যাসের চাপ বলা হয় ; ইহা সাধারণত বায়ু চাপের (atmospheric pressure) আপেক্ষিকে পরিমাপ করা হয়।

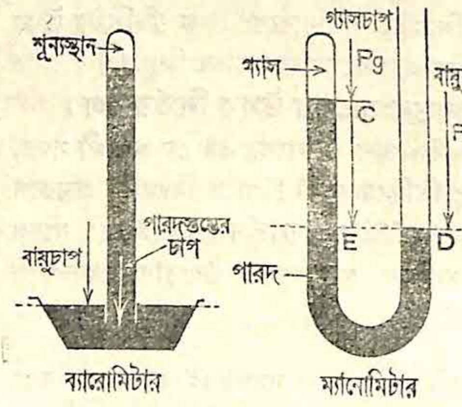
পৃথিবীর উপরে প্রায় 500 কিলোমিটার পর্যন্ত বিস্তৃত বায়ুস্তর আছে। এই বায়ুস্তর সর্বদাই পৃথিবী পৃষ্ঠ ও অন্যত্র প্রতিহত হইয়া একটি মোট চাপ সৃষ্টি করে ;

ইহাকে বায়ুচাপ (atmospheric pressure) বলা হয়। বায়ুচাপ, চাপমান যন্ত্রে বা **ব্যারোমিটারে** (barometer) মাপা হয়। 0°C উষ্ণতায়, সমুদ্রতলের উচ্চতায় বায়ুচাপ 760 মিলিমিটার (m. m.) পারদস্তম্ভের চাপের সমান। এই চাপকেই **1 বায়ুচাপ** (1 atmosphere), **প্রমাণ চাপ** বা **স্ট্যাণ্ডার্ড চাপ** (Standard pressure) বা **নর্মাল চাপ** (Normal pressure) বলা হয়।

1 বায়ুচাপ = প্রমাণ চাপ বা স্ট্যাণ্ডার্ড চাপ বা নর্মাল চাপ
= 760 মিলিমিটার (m.m.) পারদস্তম্ভের চাপ (Hg)
(0°C উষ্ণতা ও সমুদ্রতলের উচ্চতায়)

0°C উষ্ণতায় পারদের ঘনত্ব ও পরিমাপ-স্থানের মাধ্যাকর্ষণের মান হইতে গণনা করিয়া 1 বায়ুচাপের পরিমাণ, প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে প্রায় 14·7 পাউণ্ডের সমান।

কোন নির্দিষ্ট গ্যাসের চাপ পরিমাপের জন্য **ম্যানোমিটার** (manometer) বা গ্যাসচাপ যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রটি একটি একমুখ বন্ধ U-নল। ইহার বামদিকের বাহুতে কিছু সংগৃহীত গ্যাস থাকে। গ্যাসের অধিকৃত আয়তনের নিম্নাংশ হইতে দক্ষিণদিকের উন্মুক্ত নলের কিছু অংশ পর্যন্ত পারদ পূর্ণ থাকে। বামদিকের নলের পারদ-তলের উপর গ্যাসটির চাপের ফলে পারদতল, ধরা যাক্, C বিন্দুতে থাকে। ডানদিকের উন্মুক্ত নলমুখে বহিঃস্থ বায়ুস্তর চাপ প্রয়োগ করিয়া, ধরা যাক্ পারদতলকে D বিন্দুতে রাখে।



চিত্র নং 5·1

এখন গ্যাসটির প্রযুক্ত চাপ $Pg + CE$ দৈর্ঘ্যের পারদস্তম্ভের চাপ
= বায়ু চাপ Pa

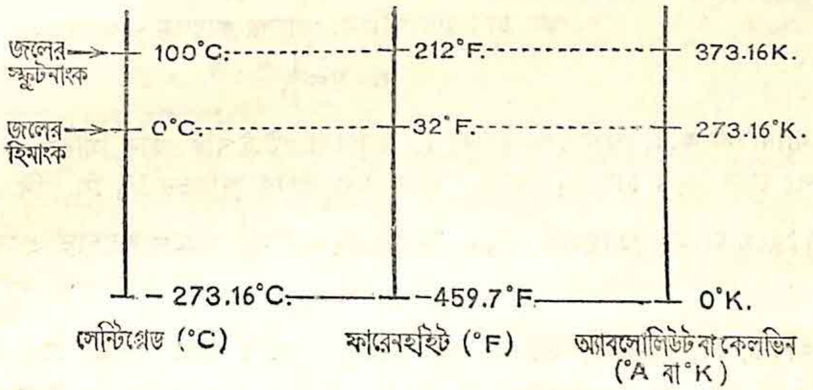
$\therefore$ Pg = বায়ু চাপ $Pa - CE$ দৈর্ঘ্যের পারদস্তম্ভের চাপ

বায়ুচাপ Pa পারদস্তম্ভের যে চাপের সমান তাহা ব্যারোমিটারের পাঠ হইতে জানা যায়। ঐ চাপ হইতে CE দৈর্ঘ্যের পারদস্তম্ভের চাপ বিয়োগ করিলে যে পারদ-স্তম্ভের চাপ পাওয়া যায়, উহাই গ্যাসচাপের সমান। অতএব গ্যাস চাপ পরিমাপের একক, পারদস্তম্ভের মি. মি. (m. m.) এককে প্রকাশিত দৈর্ঘ্য। গাণিতিক উদাহরণে অনেকক্ষেত্রে পারদস্তম্ভ কথাটি উহ্য থাকে এবং শুধুমাত্র মি. মি. এককে গ্যাসচাপ প্রকাশ করা হয়।

গ্যাসের উষ্ণতা : গ্যাসের আয়তন পরিমাপের ক্ষেত্রে পরীক্ষাকালীন উষ্ণতায় পরিমাপ বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। সাধারণ উষ্ণতা পরিমাপের ক্ষেত্রে দুইটি স্কেল—

সেন্টিগ্রেড বা **সেলসিয়াস স্কেল** (Centigrade scale) ও **ফারেনহাইট স্কেল** (Farenheit scale) সমধিক পরিচিত ও প্রচলিত।

গ্যাসের উষ্ণতা-পরিমাপের ক্ষেত্রে একটি বিশেষ স্কেল, বিশেষ উপযোগী বলিয়া সমধিক ব্যবহৃত। এই স্কেলকে উষ্ণতার **অ্যাবসোলিউট স্কেল** (Absolute scale of temperature) বা **কেলভিন স্কেল** (Kelvin Scale) বলা হয়। সেন্টিগ্রেড, ফারেনহাইট ও অ্যাবসোলিউট বা কেলভিন স্কেলের পারস্পরিক সম্পর্ক চিত্রযোগে দেখান হইল (চিত্র নং 5·2)।



চিত্র নং 5.2

- সেন্টিগ্রেড ও কেলভিন উষ্ণতার সম্পর্ক :
  $°C+273{\cdot}16=0°A$ [সাধারণ গণনায়, $°C+273=°A$]
- ফারেনহাইট ও কেলভিন উষ্ণতার সম্পর্ক :
  $(°F-32)\times\frac{5}{9}+273{\cdot}16=°A$
  [সাধারণ গণনায় $(°F-32)\times\frac{5}{9}+273=°A$]

প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপ [Standard temperature and Pressure (S. T. P.) or Normal Temparature and Pressure (N. T. P.)] : **0°C বা 273°A অ্যাবসোলিউট (বা কেলভিন) উষ্ণতাকে এবং 1 বায়ুচাপ (1 atmosphere) বা 760 মি. মি. Hg-এর চাপকে যথাক্রমে প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপ বলা হয়।** গ্যাসগুলির ক্ষেত্রে নানা গাণিতিক গণনায় এই বিশেষ উষ্ণতা ও বিশেষ চাপ প্রভৃত ব্যবহৃত হয়। সংক্ষেপে প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপকে S. T. P. বা N. T. P. এই সংকেতে বুঝান হয়।

গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব : বয়েল সূত্র

কঠিন বা তরলের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে আয়তনের যে সংকোচন ঘটে উহা অতি নগণ্য কিন্তু গ্যাসের সংকোচন অতি উল্লেখযোগ্য মাত্রায় ঘটে। প্রযুক্ত চাপের

সহিত গ্যাসের আয়তনের যে গাণিতিক সম্পর্ক উহাই **রবার্ট বয়েল** তাঁহার বিখ্যাত সূত্রে প্রস্তাব করেন।



রবার্ট বয়েল

বয়েল সূত্র (Boyle's Law) : **"স্থির উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাস যে আয়তন অধিকার, করে উহা গ্যাসটির উপর প্রযুক্ত চাপের সহিত ব্যস্তানুপাত অনুযায়ী হয়।"***

অর্থাৎ, উষ্ণতা স্থির রাখিয়া একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর চাপ (P) বৃদ্ধি করিলে, গ্যাসের আয়তন (V) কমে এবং চাপ হ্রাস করিলে, গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পায় ;

$$\text{বা, } P \propto \frac{1}{V}$$

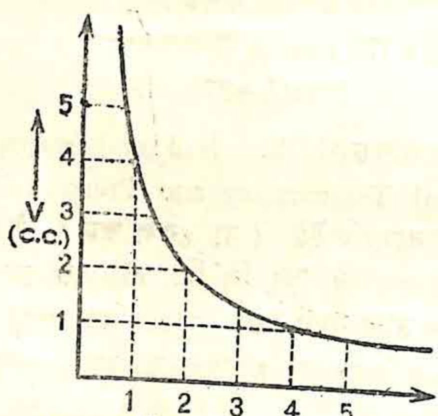
গাণিতিক অর্থে, কোন স্থির উষ্ণতা T° অ্যাবসোলিউটে যদি কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ P_1 মি.মি. থাকে এবং উহার আয়তন V_1 সি. সি. হয় তাহা হইলে বয়েল সূত্রানুযায়ী $P_1 \propto \frac{1}{V_1}$ বা $P_1 = K.\frac{1}{V_1}$ [K = অনুপাত ধ্রুবক]

$$\text{বা, } P_1 V_1 = K = \text{ধ্রুবক}$$

আবার, T°, অ্যাবসোলিউটে ঐ একই ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ যদি P_2 মি.মি. হয়, এবং উহার আয়তন V_2 সি.সি. হয় তাহা হইলে বয়েল সূত্র অনুযায়ী,

$$P_2 \propto \frac{1}{V_2} \text{ বা, } P_2 = K.\frac{1}{V_2} \text{ বা } P_2V_2 = K$$

$$\therefore \; P_1V_1 = P_2V_2$$



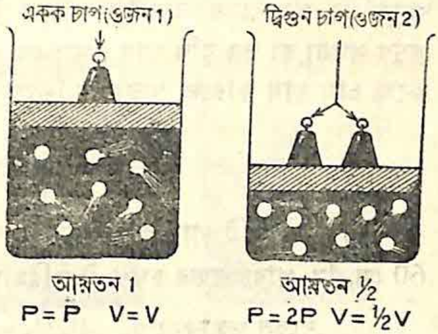
চিত্র নং 5·3

এইরূপে, $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \quad \cdots \quad \cdots \quad P_nV_n$

* বয়েল সূত্রের পরীক্ষার জন্য 'পদার্থ বিদ্যার' গ্রন্থ দ্রষ্টব্য

প্রকৃত পরীক্ষা হইতে P_1, P_2, P_3…… এবং V_1, V_2, V_3…… নিরূপণ করিয়া লেখচিত্রে প্রকাশ করিলে ফলাফলগুলি হইতে একটি হাইপারবোলিক লেখচিত্র পাওয়া যায়। লেখচিত্রের প্রকৃতি, স্থত্রটির সত্যতা প্রমাণিত করে।* [চিত্র নং 5.3]

এই স্থত্র অনুসারে আরও বলা যায় কোন প্রযুক্ত চাপে গ্যাসের যা আয়তন, গ্যাসের উপর ঐ প্রযুক্ত চাপ দ্বিগুণিত করিলে, গ্যাসটির আয়তনও অর্ধেক হইয়া যাইবে।



চিত্র নং 5.4

● বয়েল সূত্রানুযায়ী, স্থির উষ্ণতায় চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্ক :

বয়েলের মূল স্থত্রের অনুসিদ্ধান্তরূপে বলা যায়,

স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব উহার উপর প্রযুক্ত চাপের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ, স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের উপর চাপ (P) বৃদ্ধি করিলে উহার ঘনত্ব (D) বাড়ে, এবং চাপ হ্রাস করিলে ঘনত্ব কমে, বা, $P \propto D$.

সকল বস্তুর মত গ্যাসের ক্ষেত্রেও,

$$\text{ভর} = \text{আয়তন} \times \text{ঘনত্ব} \quad \text{বা,} \quad M = V \times D$$

ধরা যাক্, স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ P_1-এতে উহার আয়তন V_1 সি. সি. এবং ঘনত্ব D_1

আবার, প্রযুক্ত চাপ P_2-এতে, গ্যাসের আয়তন V_2 সি. সি. এবং ঘনত্ব D_2.

বয়েল স্থত্রানুসারে : $P_1V_1 = P_2V_2$

$$\text{কিন্তু, } V_1 = \frac{M}{D_1} \text{ এবং } V_2 = \frac{M}{D_2}$$

$$\text{অতএব, } P_1 \times \frac{M}{D_1} = P_2 \times \frac{M}{D_2} \quad \text{বা,} \quad \frac{P_1}{D_1} = \frac{P_2}{D_2}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{P}{D} = \text{নিত্য ; স্থতরাং } P \propto D.$$

* যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রেই বয়েল স্থত্র প্রযোজ্য হইলেও, সর্বাবস্থায় বয়েল স্থত্র অনুস্থত হয় না। উচ্চতাপ ও নিম্নচাপেই গ্যাসগুলি বয়েল স্থত্র যথাযথ অনুসরণ করে, কিন্তু নিম্নতাপ ও উচ্চচাপে গ্যাসগুলি বয়েল স্থত্র যথার্থ অনুসরণ করে না। অর্থাৎ নিম্নতাপ এবং উচ্চচাপে গ্যাসগুলির আয়তন ও চাপের গুণফল PV, নিত্য হয় না। যে গ্যাসগুলি বয়েল স্থত্র যথাযথ অনুসরণ করে, উহাদের **'আদর্শ গ্যাস'** (**Ideal gas**) এবং যে গ্যাসগুলি বয়েল স্থত্র যথাযথ অনুসরণ করে না উহাদের **'প্রকৃত গ্যাস'** (**Real gas**) বলা হয়। অধিকাংশ গ্যাসই, প্রকৃত গ্যাস। কেবলমাত্র অতি নিম্নচাপে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রকৃতি, আদর্শ গ্যাসের সংজ্ঞা পূরণ করে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলিও (inert gas) মোটামুটি আদর্শ গ্যাসের সংজ্ঞায় পড়ে।

সাধারণভাবে অনুধাবন করিলেও সহজেই বুঝা যায়, বর্ধিত চাপে গ্যাসের অণুগুলির পরস্পরের ব্যবধান কমিয়া উহারা নিকটতর হয়, অর্থাৎ আয়তনপ্রতি অণুর সংখ্যা বা ভর বৃদ্ধি পায় ; অতএব, বর্দ্ধিত চাপে, গ্যাসের ঘনত্ব বাড়ে। বিপরীত-ক্রমে, চাপ হ্রাস করিলে, অনুরূপ যুক্তিতে গ্যাসের ঘনত্ব কমে।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) 40 সে.মি. পারদস্তম্ভের চাপে কোন গ্যাসের 8 গ্রামের আয়তন 12·3 লিটার। 60 সে. মি. পারদস্তম্ভের চাপে ঐ পরিমাণ ঐ গ্যাসের আয়তন কত ?

বয়েল সূত্রানুসারে, $P_1V_1 = P_2V_2$

$P_1 = 400$ মি. মি. $\quad P_2 = 600$ মি. মি.

$V_1 = 12{\cdot}3$ লিটার $\quad V_2 = x$ লিটার

$\therefore \; 400 \times 12{\cdot}3 = 600 \times x$

বা, $x = \dfrac{400 \times 12{\cdot}3}{600}$ লিটার বা 8·20 লিটার।

(2) সাধারণ বায়ুচাপে একটি গ্যাসের আয়তন 400 ঘন ফুট ; ঐ গ্যাসকে 3 ঘনফুট আয়তনে সংকুচিত করিতে কত বায়ুচাপ প্রয়োজন ?

বয়েল সূত্রানুসারে, $P_1V_1 = P_2V_2$

$P_1 = 1$ বায়ুচাপ (atmos.) $\quad P_2 = x$ বায়ুচাপ (atoms.)

$V_1 = 400$ ঘনফুট (c. ft.) $\quad V_2 = 3$ ঘনফুট (c. ft.)

$\therefore \; 1 \times 400 = x \times 3$

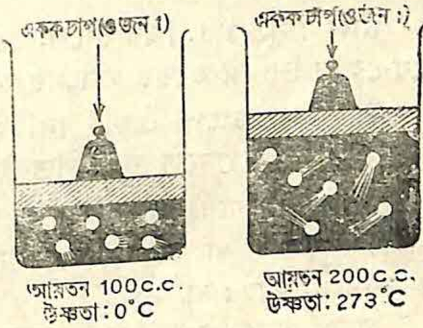
$\therefore \; x = \frac{400}{3}$ বা 133·3 বায়ুচাপ (atoms.)।

গ্যাসের আয়তনের উপর তাপের প্রভাব ঃ চার্লস সূত্র

চাপ বৃদ্ধির সহিত যেমন যে-কোন গ্যাসের আয়তন কমে এবং চাপ হ্রাসের সহিত উহার আয়তন বাড়ে, তেমনই পরীক্ষা হইতে লক্ষ্য করা যায় যে, তাপ বৃদ্ধির সহিত যে কোন গ্যাসেরই আয়তন বাড়ে এবং তাপ হ্রাসের সহিত গ্যাসের আয়তন কমে। **সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই এই আয়তনের হ্রাসবৃদ্ধির মান সমান হয়।**

শুধুমাত্র তাপের হ্রাসবৃদ্ধির সহিত আয়তনের হ্রাসবৃদ্ধির যথার্থ সম্পর্কটি পরীক্ষা করিতে হইলে, আয়তনের হ্রাসবৃদ্ধি অন্য যে কারণে ঘটে অর্থাৎ চাপে—সেই চাপকে নিত্য রাখিয়া পরীক্ষা প্রয়োজন। এই পরীক্ষায় থার্মোমিটার যুক্ত একটি জলাধারে, একটি পিস্টনযুক্ত মাপক চোঙে কিছু গ্যাস রাখা হইল এবং পিস্টনটির উপর একটি ওজন রাখা হইল ; এই ওজনটি পিস্টনকে নীচে ঠেলিবে এবং গ্যাসের

চাপ পিস্টনকে ঊর্ধ্বে ঠেলিবে (চিত্র নং 5·5)। সাম্যাবস্থায়, পিস্টনটি স্থির হইয়া অবস্থান করিলে পিস্টনের উপরের ওজন, মাপক চোঙের ভিতরের গ্যাসচাপের সমান। এই অবস্থায় গ্যাসটির আয়তন পরিমাপ করা হইল। ধরা যাক 0°C উষ্ণতায় এই আয়তন 100 মিলি-লিটার। এখন চোঙটিকে একটি থার্মোমিটার যুক্ত উষ্ণ জলাধারে স্থাপন করিলে দেখা যাইবে ভিতরের গ্যাসের প্রসারণ ঘটিয়াছে এবং পিস্টনটি উপরে সামান্য ঠেলিয়া উঠিয়াছে। পিস্টনের উপরের ওজনটি একই রাখা হয়। অর্থাৎ, এই প্রসারিত আয়তনের অবস্থায় গ্যাসের প্রযুক্ত চাপ একই থাকে। জলাধারে যুক্ত থার্মোমিটার পাঠ করিয়া গ্যাসটিতে প্রযুক্ত উষ্ণতা জানা যায়। ধরা যাক প্রযুক্ত উষ্ণতা 1°C ; এই উষ্ণতায় গ্যাসটির আয়তন পরিমাপ করিলে দেখা যায় উহার আয়তন এখন 100·365 মিলি-লিটার। অনুরূপভাবে, জলাধারের 2°C উষ্ণতায়, গ্যাসটির আয়তন দেখা যায় 100·732 মিলিলিটার। অর্থাৎ প্রতি 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত 0·366 মিলিলিটার (বা $\frac{1}{273}$ ভাগ) করিয়া আয়তন বাড়িতেছে। এতএব 273°C* উষ্ণতাবৃদ্ধি ঘটিলে, গ্যাসটির আয়তন দাঁড়াইবে (100+273×0·366) বা 200 সি. সি. অর্থাৎ আদি আয়তনের দ্বিগুণ।



চিত্র নং 5·5

লক্ষ্যণীয়, গ্যাসটির আয়তন দ্বিগুণ হইলেও, সেন্টিগ্রেড স্কেলে উষ্ণতায় দ্বিগুণ বৃদ্ধি কিন্তু ঘটে নাই। সেন্টিগ্রেড স্কেলের পরিবর্তে যদি অ্যাবসোলিউট (°A) বা কেলভিন স্কেলে (°K) উষ্ণতা মাপা হইত—

উষ্ণতা সেন্টিগ্রেড স্কেলে	উষ্ণতা অ্যাবসোলিউট স্কেলে	গ্যাসের আয়তন
0°C	(0+273)=273°A	100 সি. সি.
273°C	(273+273)=546°A	200 সি. সি.

অর্থাৎ অ্যাবসোলিউট স্কেলের পরিমাপে পরীক্ষাধীন উষ্ণতা দুইটি যেমন দ্বিগুণ হইয়াছে, তেমনি পরীক্ষাধীন দুইটি ক্ষেত্রে গ্যাসের আয়তনও দ্বিগুণ হইয়াছে। সুতরাং **অ্যাবসোলিউট উষ্ণতার পরিবর্তনের সহিত গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন সমানুপাতিক।**

* 273°C-এর পরিবর্তে 273·16°C উষ্ণতাই এক্ষেত্রে সূক্ষ্ম এবং সঠিক গণনা। গাণিতিক সমাধানের সুবিধার্থে 273°C সংখ্যাটিই গণনা কার্যে ব্যবহার করা হয়।

উপরের এই পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের ভিত্তিতে, অ্যাবসোলিউট বা পরম উষ্ণতার সহিত গ্যাসের আয়তনের যে গাণিতিক সম্পর্ক উহাই **চার্লস** তাঁহার বিখ্যাত স্থত্রে প্রস্তাব করেন।

চার্লস সূত্র ঃ 1. স্থির চাপে, প্রতি 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের সহিত যে-কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন $\frac{1}{273}$ ভাগ বাড়ে বা কমে।

2. স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার অ্যাবসোলিউট স্কেলে প্রকাশিত উষ্ণতার সমানুপাতিক।

অর্থাৎ, স্থির চাপে, একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত উষ্ণতা (T°A) বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন (V) বৃদ্ধি পায়, এবং প্রযুক্ত উষ্ণতা হ্রাস করিলে গ্যাসের আয়তন হ্রাস পায় ; বা, $V \propto T$।

চার্লস স্থত্রের প্রথম অংশটি বস্তুতঃ বহু পরীক্ষার ভিত্তিতে প্রাপ্ত একটি সাধারণ পর্যবেক্ষণ ফল মাত্র। চার্লস স্থত্রের প্রকৃত স্থত্র উহার দ্বিতীয় অংশটি। প্রথম স্থত্রের অনুসিদ্ধান্ত রূপেই দ্বিতীয় অংশটি প্রতিষ্ঠিত।

ধরা যাক্, স্থির চাপে 0° C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন V_0

t_1° C … … … V_1

t_2° C … … … V_2

চার্লস স্থত্রের প্রথম অংশের ভিত্তিতে—

$$V_1 = V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right)$$

$$V_2 = V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)$$

অতএব, $$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right)}{V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)} = \frac{273+t_1}{273+t_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

(T_1, T_2 অ্যাবসোলিউট স্কেলে প্রকাশিত উষ্ণতা)

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ বা, } V \propto T.$$

চার্লস সূত্রের গাণিতিক তাৎপর্য ঃ

গাণিতিক অর্থে, কোন স্থির চাপ P-তে এবং T_1°A উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন যদি V_1 হয়, তাহা হইলে চার্লস স্থত্রানুযায়ী,

$V_1 \propto T_1$ বা $V_1 = K_1 T_1$ [K_1 = অনুপাত ধ্রুবক]

বা $\frac{V_1}{T_1} = K_1$

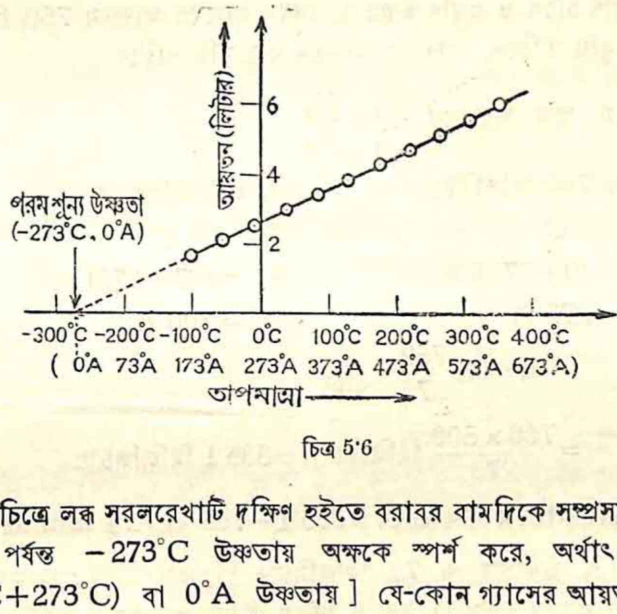
আবার ঐ স্থির চাপ P-তে এবং T_2°A উষ্ণতায় যদি ঐ গ্যাসের আয়তন V_2 হয়, তাহা হইলে চার্লস সূত্রানুযায়ী,

$$V_2 \propto T_2 \text{ বা, } V_2 = K_1 T_2 \text{ বা, } \frac{V_2}{T_2} = K_1$$

$$\therefore \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

এইরূপে, $$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \quad \cdots \quad \cdots \quad = \frac{V_n}{T_n}$$

এই সম্পর্কানুযায়ী বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে গ্যাসের আয়তন V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি এবং যথাক্রমিক উষ্ণতা T_1°A, T_2°A, T_3°A ইত্যাদি একটি লেখচিত্রে প্রকাশ করিলে একটি সরলরেখা পাওয়া যায় :



চিত্র 5·6

এই লেখচিত্রে লব্ধ সরলরেখাটি দক্ষিণ হইতে বরাবর বামদিকে সম্প্রসারিত করিলে উহা শেষ পর্যন্ত −273°C উষ্ণতায় অক্ষকে স্পর্শ করে, অর্থাৎ ঐ উষ্ণতায় [(−273°C+273°C) বা 0°A উষ্ণতায়] যে-কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য হইয়া যায়। এই উষ্ণতাটিকে **পরম শূন্য উষ্ণতা** (absolute zero temperature) বলা হয় (চিত্র নং 5·6)।

চরম উষ্ণতায় যে-কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য, অর্থাৎ ইহার নিম্নতর উষ্ণতায় কোন গ্যাসের অস্তিত্ব সম্ভব নয়। যদি ঐ উষ্ণতার নিম্নে গ্যাসের অস্তিত্ব সম্ভব হইত, প্রসারিত সরলরেখাটিকে বামদিকে আরও সম্প্রসারিত করিলে উহা আরও প্রসারিত হইয়া অক্ষের নিম্নে অর্থাৎ ঋণাত্মক আয়তন (negative volume) সূচনা করিত ; ইহা গাণিতিক অর্থে অসম্ভব।

পরম শূন্য উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন যে প্রকৃতই শূন্য হইয়া যায়, অন্যভাবেও এই সিদ্ধান্তে পৌঁছান যায়। চার্লস সূত্র অনুযায়ী, প্রতি 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত

গ্যাসের আয়তন $\frac{1}{273}$ ভাগ বাড়ে এবং প্রতি $1^\circ C$ উষ্ণতা হ্রাসের সহিত গ্যাসের আয়তন $\frac{1}{273}$ ভাগ কমে।

ধরা যাক, $0^\circ C$ উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন V_0 সি. সি.

$\therefore$ $-1^\circ C$ উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের আয়তন $V_0\,(1-\frac{1}{273})$ সি. সি.

$\therefore$ $-2^\circ C$ উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের আয়তন $V_0\,(1-\frac{2}{273})$ সি. সি.

$\therefore$ $-273^\circ C$ উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের আয়তন $V_0\,(1-\frac{273}{273})$ সি. সি. $=0$ সি. সি.

অর্থাৎ $-273^\circ C$ বা $0^\circ A$ উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হইয়া যায়।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) প্রমাণ চাপে ও প্রমাণ উষ্ণতায়, কোন গ্যাসের আয়তন 760 মিলিলিটার। $27^\circ C$ উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে, গ্যাসটির আয়তন কত বৃদ্ধি পাইবে ?

চার্লস সূত্র অনুসারে, $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$

$V_1=760$ মিলিলিটার $\qquad V_2=x$ মিলিলিটার

$T_1=0^\circ C = (0+273)^\circ A = 273^\circ A$

$T_2=27^\circ C = (27+273)^\circ A = 300^\circ A$

অতএব, $\frac{760}{273}=\frac{x}{300}$

$\therefore\ x=\frac{760\times 300}{273}$ মিলিলিটার $=835{\cdot}1$ মিলিলিটার

সুতরাং আয়তন বৃদ্ধি ঘটিবে $=835{\cdot}1-760$ বা $75{\cdot}1$ মিলিলিটার।

(2) $450^\circ K$ উষ্ণতায় ও 75 মিলিমিটার Hg চাপে 9·3 গ্রাম নাইট্রোজেনের আয়তন 12·3 লিটার। উষ্ণতা $300^\circ K$ হইলে, উহার আয়তন কত হইবে ?

চার্লস সূত্র অনুসারে, $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$

$V_1=12{\cdot}3$ লিটার $\qquad V_2=x$ লিটার

$T_1=450^\circ K = 450^\circ A$

$T_2=300^\circ K = 300^\circ A \qquad [\ ^\circ K = {}^\circ A\ ]$

অতএব, $\frac{12{\cdot}3}{450}=\frac{x}{300}$

$\therefore\ x=\frac{12{\cdot}3\times 300}{450}$ বা $8{\cdot}2$ লিটার।

● **চার্লস সূত্রের অনুসিদ্ধান্ত ঃ স্থির চাপে গ্যাসের ঘনত্ব ও প্রযুক্ত উষ্ণতার সম্পর্ক ঃ**

গ্যাসের আয়তনের (V) সহিত উহার ঘনত্ব (D) ব্যস্তানুপাতিক (কারণ $M=VD$; বা $V=\frac{M}{D}=\frac{\text{নিত্য সংখ্যা}}{D}$; বা, $V\propto\frac{1}{D}$)।

চার্লস সূত্র হইতে পাওয়া যায় যে, $V\propto T$

অতএব, $\frac{1}{D}\propto T$, বা $D\propto\frac{1}{T}$

অর্থাৎ, **স্থির চাপে গ্যাসের ঘনত্ব উহার উপর প্রযুক্ত অ্যাবসোলিউট উষ্ণতার ব্যস্তানুপাতিক।**

স্থির চাপে, গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার ঘনত্ব কমে ও উষ্ণতা কমিলে ঘনত্ব বাড়ে।

পূর্বোক্ত সূত্রানুসারে, সহজেই দেখান যায় যে, স্থির চাপে এবং T_1°A, T_2°A, T_3°A প্রভৃতি উষ্ণতায় গ্যাসের ঘনত্ব যথাক্রমে D_1, D_2, D_3 ইত্যাদি হইলে

$$D_1T_1=D_2T_2=D_3T_3\cdots\cdots=D_nT_n.$$

সম্মিলিত গ্যাস সূত্র ঃ "অবস্থা সমীকরণ"

(Combined gas equation or Equation of state)

যে কোন* গ্যাসের একটি নির্দিষ্ট ভর (অর্থাৎ নির্দিষ্ট মোল) তিনটি সূত্রের অধীন,—

(i) **বয়েল সূত্র ঃ** নিত্য উষ্ণতায়, গ্যাসের আয়তন—চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

(ii) **চার্লস সূত্র ঃ** নিত্য চাপে, গ্যাসের আয়তন—উষ্ণতার (°A) সমানুপাতিক।

(iii) **অ্যাভোগাড্রো সূত্র ঃ** (a) একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন গ্যাসে সম-সংখ্যক গ্যাস অণু (বা মোল) থাকে। (b) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 মোল গ্যাস অণুর আয়তন 22·4 লিটার।

---

* যদিও আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রেই গ্যাসসূত্রগুলি যথার্থ প্রযোজ্য, তবু সাধারণভাবে যে কোন গ্যাসই নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে গ্যাসসূত্রগুলি অনুসরণ করে বলিয়া যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রেই, রসায়নে—গ্যাস সূত্রগুলি অনুসৃত হয় বলিয়া ধরিয়া লওয়া হয়।

এই তিনটি সূত্রকে একত্র করিয়া একটি সাধারণ বা সংযুক্ত সমীকরণ পাওয়া যায় ; সমীকরণের এই রূপটিকে **"অবস্থা সমীকরণ"*** (Equation of state) বলা হয়।

এই সমীকরণে গ্যাসের যে কোন অবস্থা হইতে অন্য অবস্থায় পরিবর্তন ঘটিলে—চারিটি **চল** (variable) P, V, T এবং n (মোলের সংখ্যা)-এর একটির আপেক্ষিকে অন্যগুলির আপেক্ষিক পরিবর্তন জানা যায়।

গাণিতিক প্রস্তাবে,

বয়েল সূত্র : $V \propto \frac{1}{P}$, T এবং n নিত্য

চার্লস সূত্র : $V \propto T$, P এবং n নিত্য

অ্যাভোগাড্রো সূত্র : $V \propto n$, T এবং P নিত্য

অতএব **ভেদ-সূত্র** (law of variation) অনুসারে,

$$V \propto \left(\frac{1}{P}\right)(T)\,(n)$$ যখন T, P, n তিনটি চল

$$\therefore \quad V = R\left(\frac{1}{P}\right)(T)\,(n)$$ R = সাম্য-ধ্রুবক

বা, $PV = n.RT$

এই সমীকরণটিকেই **"অবস্থা সমীকরণ"** (Equation of state) বলা হয়। এই সমীকরণ সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য† ; ইহা কোন নির্দিষ্ট গ্যাসের প্রকৃতি বা ধর্মের উপর নির্ভরশীল নয়। এই সমীকরণে, R ধ্রুবকটিকে **"মৌল গ্যাস ধ্রুবক"** (Universal Gas Constant) বা **আণব ধ্রুবক** বলা হয়। R-এর মান সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই এক।

মৌল গ্যাস ধ্রুবকের মান নির্ণয়

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, বা S. T. P.' তে গ্যাসের 1 মোল অণুর ক্ষেত্রে $PV = nRT$ সমীকরণ প্রয়োগ করিয়া R-এর মান নির্ণয় করা যায়।

* অবস্থা সমীকরণ এবং গ্যাসের আণবিক ওজন ও ঘনত্ব :

$PV = nRT$ এই সমীকরণটিকে, মোলের ধারণার পরিপ্রেক্ষিতে লেখা যায় $PV = \frac{W}{M}.RT$

[W = গৃহীত গ্যাসের ওজন ; M = গ্যাসের আণবিক ওজন]

$$\therefore \quad M = \frac{W.RT}{PV}$$

এই সমীকরণে, W, R, T, P ও V এর মান জানা থাকিলে, M বা গ্যাসের আণবিক ওজন গণনা করা যায়।

গৃহীত গ্যাসের ওজনের পরিবর্তে, গৃহীত গ্যাসের ঘনত্ব (D) জানা থাকিলে, উপরোক্ত সমীকরণটির রূপ

$$M = D.\frac{RT}{P} \quad \left(\because \; D = \frac{W}{V}\right)$$

† বস্তুত "অবস্থা সমীকরণ সূত্রটি" প্রকৃত গ্যাসের ক্ষেত্রেই যথার্থ প্রযোজ্য। সাধারণভাবে সকল গ্যাসই, এই সমীকরণের অধীন বলিয়া, ধরিয়া লওয়া হয়।

1. লিটার অ্যাটমোসফিয়ার এককে R এর মান :

S. T. Pতে—$P=1$ অ্যাটমোসফিয়ার, $T=273^{\circ}A$, এবং V (1 মোল গ্যাস-অণুর ক্ষেত্রে) $=22{\cdot}4$ লিটার।

$$\therefore \quad R=\frac{PV}{nT}=\frac{1\times 22{\cdot}4}{1\times 273}$$

$=0{\cdot}082$ লিটার-অ্যাটমোসফিয়ার প্রতি ডিগ্রি প্রতি গ্রাম অণু।

অর্থাৎ R ধ্রুবকের মান 0·082 কোন সংযুক্ত সমীকরণে ব্যবহার করিলে—P-এর একক-বায়ুচাপ (atmosphere), V-এর একক-লিটার, n মোলের সংখ্যা এবং T অ্যাবসোলিউট মানে প্রকাশ করা আবশ্যিক।

2. C. G. S. এককে R এর মান :

C. G. S এককে P-র চাপ মাপা হয় প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে ডাইন (dyne) এককে ; V বা আয়তন মাপা হয় ঘন সেন্টিমিটার (c. c) এককে ; এবং T বা উষ্ণতা মাপা হয় $^{\circ}A$ (অ্যাবসোলিউট স্কেলে)।

আবার $0^{\circ}C$ তাপমাত্রায় পারদের ঘনত্ব $=13.6$ গ্রাম / সি. সি

অভিকর্ষাঙ্ক $(g)=981$ সে. মি. / সেকেণ্ড^2

$\therefore$ 1 অ্যাটমোসফিয়ার চাপ $=76\times 13{\cdot}6\times 981$ ডাইন / সে. মি.^{2}

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে, 1 গ্রাম অণু গ্যাসের আয়তন (N. T. P'তে)

$=22400$ সি. সি. (সি. সি. $=$ সে. মি.^{3})

স্বতরাং $R=\dfrac{PV}{T}$ (1 মোল গ্যাস অণুর ক্ষেত্রে)

$$=76\times 13{\cdot}6\times 981\ \frac{\text{ডাইন}}{\text{সে. মি.}^2}\times\frac{22400\ \text{সে. মি.}^3}{273\ \text{ডিগ্রী}}$$

$$=\frac{76\times 13{\cdot}6\times 981\times 22400}{273}\ \text{আর্গ প্রতি ডিগ্রী/গ্রাম অণু}$$

$=8{\cdot}315\times 10^7$ আর্গ প্রতি ডিগ্রী / গ্রাম অণু

3. ক্যালোরিতে R এর মান :

1 ক্যালোরি (Calorie) $=4{\cdot}184$ জুল (Joule)

$=4{\cdot}184\times 10^7$ আর্গ [$\because$ 1 জুল $=10^7$ আর্গ]

C. G. S এককে

$R=8{\cdot}315\times 10^7$ আর্গ প্রতি ডিগ্রী / গ্রাম অণু

$$=\frac{8{\cdot}315\times 10^7}{4{\cdot}184\times 10^7}\ \text{ক্যালোরি প্রতি ডিগ্রী / গ্রাম-অণু}$$

$=1{\cdot}987$ বা প্রায় 2 ক্যালোরি প্রতি ডিগ্রী / গ্রাম-অণু

● **কোন উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ ও আয়তনের সহিত অন্য উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ ও আয়তনের সম্পর্ক :**

গ্যাসের 1 মোলের ক্ষেত্রে ($n=1$), সংযুক্ত সমীকরণটি সরলতররূপে প্রকাশ করিয়া লেখা যায় :

$$\frac{PV}{T}=R=\text{ধ্রুবক}$$

ধরা যাক, P_1 চাপে এবং T_1°A উষ্ণতায় কোন গ্যাসের (1 মোলের) আয়তন V_1, এবং P_2 চাপে ও T_2°A উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের (1 মোলের) আয়তন V_2.

অতএব $\frac{P_1V_1}{T_1}=R$ এবং $\frac{P_2V_2}{T_2}=R$

$$\therefore \quad \frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

এই সমীকরণটিতে গ্যাসের ছয়টি 'চলের' বা নিয়ামকের মধ্যে যে-কোন পাঁচটি জানা থাকিলে ষষ্ঠটিকে সহজেই গণনা করা যায়।

এই সমীকরণটি নানা রাসায়নিক গণনার ক্ষেত্রে বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

এই সমীকরণটি গ্যাসের ঘনত্বের সহিত সম্পর্কিত করিয়া প্রকাশ করিলে,

$$\frac{P_1}{D_1T_1}=\frac{P_2}{D_2T_2}$$

[$D_1=T_1$ উষ্ণতায় ঘনত্ব ; $D_2=T_2$ উষ্ণতায় ঘনত্ব]

● **স্থির আয়তনে প্রযুক্ত উষ্ণতার সহিত গ্যাসের চাপের সম্পর্ক :**

সংযুক্ত সমীকরণ হইতে জানা যায়, T_1 উষ্ণতায় যদি গ্যাসের চাপ P_1 ও আয়তন V_1 হয় এবং T_2 উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ যদি P_2 ও আয়তন V_2 হয়

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

কোন পরীক্ষায় যদি আয়তন স্থির রাখা হয়, $V_1=V_2$

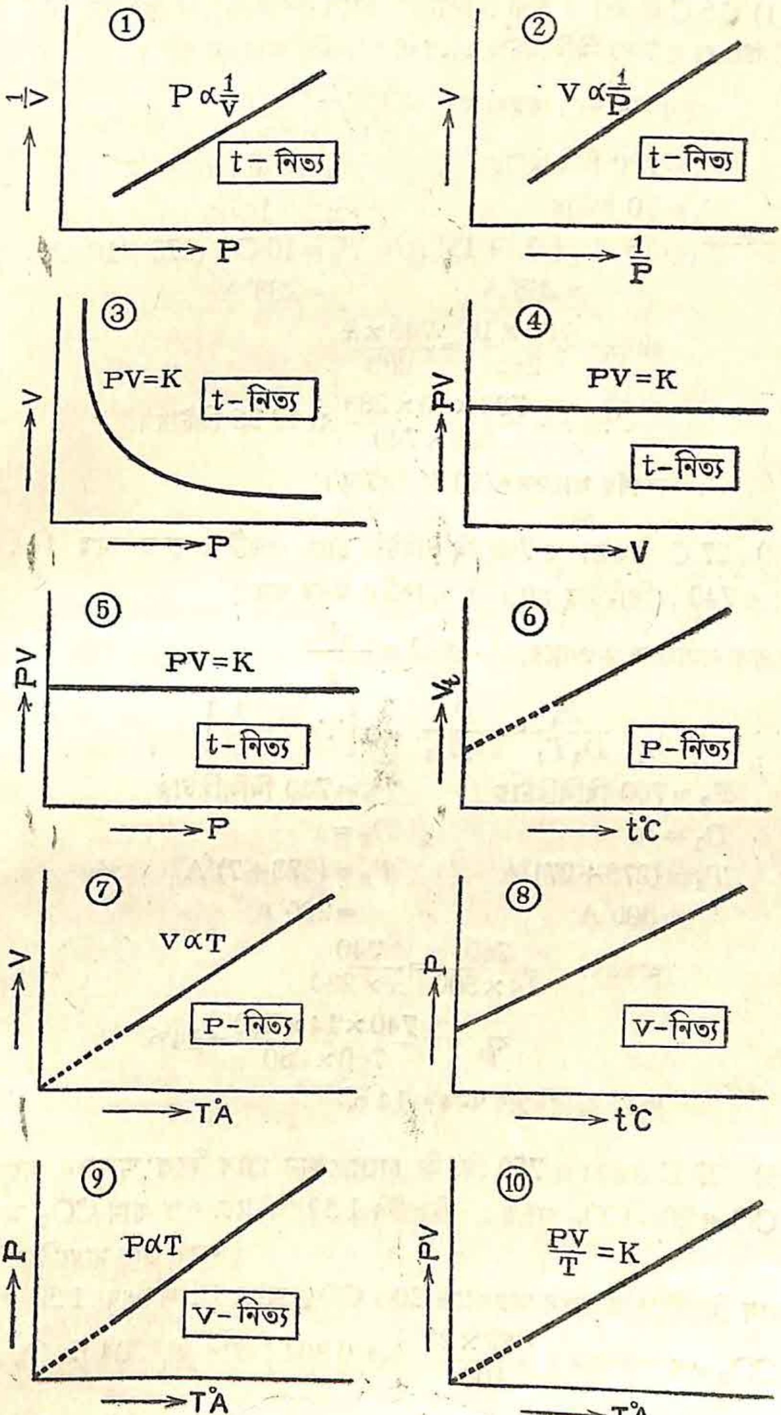
$$\therefore \quad \frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2} \text{ বা } \frac{P}{T}=\text{নিত্য বা, } P\propto T$$

স্থির আয়তনে একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ গ্যাসটির উপর অ্যাবসোলিউট স্কেলে প্রযুক্ত উষ্ণতার সমানুপাতিক।

বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র ও সংযুক্ত সমীকরণের ভিত্তিতে নানা লেখচিত্রের রূপ :

বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র ও সংযুক্ত সমীকরণের ভিত্তিতে—নানা সিদ্ধান্ত ও অনুসিদ্ধান্তের যে ফলগুলি পূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে, ঐগুলির অনুসারে P, V, T প্রভৃতির পারস্পরিক সম্পর্কগুলিকে বিশেষ বিশেষ শর্তে, বিশেষ বিশেষ লেখচিত্রে প্রকাশ করা যায় (চিত্র নং 5·7)।

নিম্নে P, V, T সংক্রান্ত কতকগুলি সম্পর্ককে, কতকগুলি লেখচিত্রে দেখান হইয়াছে—



চিত্র 5·7

সম্মিলিত গ্যাস সূত্রের গাণিতিক উদাহরণ

(1) 15°C উষ্ণতা ও 780 মিলিমিটার চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 10 লিটার। 10°C উষ্ণতা ও 740 মিলিমিটার চাপে ঐ গ্যাসটির আয়তন কত ?

সংযুক্ত সমীকরণ অনুসারে, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

$P_1=780$ মিলিমিটার $\quad P_2=740$ মিলিমিটার

$V_1=10$ লিটার $\quad V_2=x$ লিটার

$T_1=15^\circ C=(273+15)^\circ A \quad T_2=10^\circ C=(273+10)^\circ A$

$=288^\circ A \quad =283^\circ A$

অতএব, $\frac{780\times 10}{288}=\frac{740\times x}{283}$

$\therefore \quad x=\frac{780\times 10\times 283}{288\times 740}$ বা 10·36 লিটার।

$\therefore$ নির্ণেয় আয়তন = 10·36 লিটার।

(2) 27°C উষ্ণতা ও 760 মিলিমিটার চাপে একটি গ্যাসের ঘনত্ব 14 ; 7°C উষ্ণতা ও 740 মিলিমিটার চাপে, ঐ গ্যাসটির ঘনত্ব কত ?

সংযুক্ত সমীকরণ অনুসারে, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

বা $\frac{P_1}{D_1T_1}=\frac{P_2}{D_2T_2} \quad \left[\because V\propto\frac{1}{D}\right]$

$P_1=760$ মিলিমিটার $\quad P_2=740$ মিলিমিটার

$D_1=14 \quad D_2=x$

$T_1=(273+27)^\circ A \quad T_2=(273+7)^\circ A$

$=300^\circ A \quad =280^\circ A$

অতএব, $\frac{760}{14\times 300}=\frac{740}{x\times 280}$

বা, $x=\frac{740\times 14\times 300}{760\times 280}=14{\cdot}6.$

অতএব, নির্ণেয় ঘনত্ব = 14·6.

(3) 27°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে কোন গ্যাস মিশ্রে আয়তন অনুপাতে 80% CO ও 20% CO_2 আছে। মিশ্রটির 1·52 লিটারে, কত গ্রাম CO_2 আছে ?
[নূতন উচ্চ মাধ্যমিক '78]

গ্যাস মিশ্রটিতে আয়তন অনুপাতে 20% CO_2 আছে। অতএব 1·52 লিটার মিশ্রে CO_2 এর আয়তন $\frac{1{\cdot}52\times 20}{100}$ বা 0·304 লিটার বা, 304 মি. লি.

$P_1 = 750$ মি. মি. $\quad P_2 = 760$ মি. মি.
$V_1 = 304$ মি. লি. $\quad V_2 = ?$
$T_1 = 273 + 27 = 300^\circ A \quad T_2 = 273^\circ A$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{750 \times 304}{300} = \frac{760 \times V_2}{273}$$

বা $V_2 = \frac{750 \times 304 \times 273}{300 \times 760}$ মি. লি. বা 273 মি. লি.

অতএব, N. T. P'তে CO_2 এর আয়তন 273 মি. লি.

N. T. P'তে 22400 মি. লি. CO_2 এর ওজন 44 গ্রাম

∴ ... 273 মি. লি. ... ... $\frac{273 \times 44}{22400}$

বা, 0·5362 গ্রাম

সুতরাং, মিশ্রটিতে CO_2 এর ওজন = 0·5362 গ্রাম।

(4) একটি গ্যাসাধারে 2·82 লিটার জল ধরে। ঐ গ্যাসাধারটি 20°C উষ্ণতা ও 20 বায়ুচাপে বায়ুপূর্ণ আছে। 21 সে. মি. ব্যাসযুক্ত কতকগুলি বেলুন লওয়া হইল। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, ঐ গ্যাসাধারের বায়ু দ্বারা কতগুলি বেলুন বায়ুপূর্ণ করা যাইবে ?

প্রতি বেলুনের আয়তন $= \frac{4}{3}\pi r^3$ সি. সি.
$= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times (10·5)^3$ সি. সি.
$= 4·85$ লিটার

গ্যাসাধারে 20°C উষ্ণতা ও 20 বায়ুচাপে 2·82 লিটার বায়ু আছে। N.T.P'তে গ্যাসাধারে বায়ুর আয়তন যদি V_2 হয়—

$P_1 = 20$ বায়ুচাপ $\quad P_2 = 1$ বায়ুচাপ
$V_1 = 2·82$ লিটার $\quad V_2 = ?$
$T_1 = (273 + 20)^\circ A \quad T_2 = 273^\circ A.$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{20 \times 2·82}{293} = \frac{1 \times V_2}{273}$$

$V_2 = \frac{20 \times 2·82 \times 273}{293}$ লিটার বা 52·51 লিটার

প্রতি বেলুনের আয়তন 4·85 লিটার

∴ নির্ণেয় বেলুনের সংখ্যা $= \frac{52·51}{4·85} = 10·08.$

(5) 0°C উষ্ণতা হইতে একটি গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া দেখা গেল উহার আয়তন দ্বিগুণিত হইয়াছে এবং চাপ 70 সে. মি. হইতে 80 সে. মি. হইয়াছে ; উষ্ণতা বৃদ্ধির পরিমাণ কত ?

ধরা যাক্ নির্ণেয় উষ্ণতা $= x^\circ A$

$P_1 = 700$ মি. মি. $\qquad P_2 = 800$ মি. মি.

$V_1 = 1.V \qquad V_2 = 2.V$

$T_1 = (273 - 0)^\circ A \qquad T_2 = x^\circ A$

$$\therefore \frac{700 \times V}{273} = \frac{800 \times 2V}{x}$$

$$x = \frac{800 \times 2V \times 273}{700 \times V}$$

$$= 624^\circ A$$

$= (624 - 273)^\circ C$ বা $351^\circ C$.

(6) একটি বদ্ধ পাত্রে 500 মি. লি. নাইট্রোজেন লইয়া 27°C হইতে 127°C উত্তপ্ত করা হইল। নর্মাল চাপের তুলনায়, বর্ধিত নূতন চাপের পরিমাণ নির্ণয় কর।

যেহেতু পাত্রটি বদ্ধ, সেহেতু উত্তপ্ত হইলেও গ্যাসটির আয়তন বৃদ্ধি ঘটিবে না ; অর্থাৎ গ্যাসের আয়তন নিত্যই থাকিবে।

আমরা জানি, স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ অ্যাবসোলিউট স্কেলে প্রকাশিত উষ্ণতার সমানুপাতিক (পূর্বে আলোচনা দ্রষ্টব্য)

$$\therefore \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

বা $$\frac{P_1}{273+27} = \frac{P_2}{273+127}$$

বা $$\frac{P_1}{300} = \frac{P_2}{400}$$

বা $$P_2 = \tfrac{4}{3}.P_1$$

গ্যাসটির আদিচাপ P_1 যদি নর্মাল চাপ (760 মি. মি.) হয়, নূতন বর্ধিত চাপ হইবে $= \frac{4}{3} \times$ নর্মাল চাপ বা $\frac{4}{3} \times 760$ মি. মি. বা 1013·3 মি. মি.

(7) 27°C উষ্ণতা ও 770 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের 243 মি. লি. পরিমাণের ওজন 0·289 গ্রাম ; গ্যাসটির আণবিক ওজন কত ?

ধরা যাক্ N. T. P.তে প্রদত্ত গ্যাসের আয়তন V_2 মি. লি.

$P_1 = 770$ মি. মি. $\qquad P_2 = 760$ মি. মি.

$V_1 = 243$ মি. লি. $\qquad V_2 = ?$

$T_1 = (273 + 27)^\circ A \qquad T_2 = 273^\circ A$

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{770\times243}{300}=\frac{760\times V_2}{273}$$

$$V_2=\frac{770\times243\times273}{300\times760} \text{ মি. লি.}$$

$$=224{\cdot}1 \text{ মি. লি.}$$

224·1 মি. লি. গ্যাসের N. T. P'তে ওজন 0·289 গ্রাম

∴ 22400 ,, ,, ,, ,, $\frac{22400\times0{\cdot}289}{224{\cdot}1}$

বা 28·89

অতএব গ্যাসটির আণবিক ওজন = 28·89.

(8) 200 সি. সি. অক্সিজেন লইয়া দেখা গেল উহার ঘনত্ব 16 ; উহার উপর চাপ পরিবর্তন করিয়া দেখা গেল উহার ঘনত্ব পরিবর্তিত হইয়া 11 হইয়াছে ; পরিবর্তিত আয়তন নির্ণয় কর।

ধরা যাক্‌ পরিবর্তিত আয়তন V_1

গ্যাস স্থত্রাবলী হইতে আমরা জানি

$$\frac{V}{V_1}=\frac{P_1}{P}=\frac{D_1}{D} \qquad \left(\because \;\; P\propto\frac{1}{V} \text{ এবং } P\propto D\right)$$

বা $\frac{200}{V_1}=\frac{11}{16}$ ∴ $V_1=\frac{200\times16}{11}=290{\cdot}9$ সি. সি.

(9) 27°C উষ্ণতা ও 1 বায়ুচাপে 5 লিটার CO_2 গ্যাসে কত মোল CO_2 আছে ?

আমরা জানি, মোলের সংখ্যা n হইলে, গ্যাস স্থত্র হইতে

$$PV=nRT.$$

এখানে, $P=1$ বায়ুচাপ (অ্যাটমোসফিয়ার)

$V=5$ লিটার

$T=(273+27)$ বা 300°A

এবং, আয়তন ও চাপের প্রদত্ত এককের পরিপ্রেক্ষিতে R-এর মান লিটার-অ্যাটমোসফিয়ার এককে = 0·082

$$\therefore \quad n=\frac{PV}{RT}=\frac{1\times5}{0{\cdot}082\times300}=0{\cdot}203 \text{ মোল}$$

(10) 150°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের ঘনত্ব 3·2 গ্রাম/লিটার। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত ?

গ্যাস সূত্র হইতে, $PV=nRT$

$$=\frac{W}{M}RT \quad [\ W=\text{গৃহীত গ্যাসের ওজন},\ M=\text{গ্যাসের আণবিক ওজন}\ ]$$

$$\therefore\ M=\frac{WR.T}{PV}$$

$$=D.\frac{RT}{P} \quad [\ D=\text{গ্যাসের ঘনত্ব}\ ]$$

$$\therefore\ M=3{\cdot}20\times0{\cdot}082\times\frac{(273+150)}{1} \quad [\ 760\ \text{মি. মি.}=1\ \text{বায়ুচাপ}\ ]$$

$$=111\ (\text{প্রায়})$$

অতএব গ্যাসটির আণবিক ওজন = 111.

ডাল্টনের অংশ-প্রেষ সূত্র
(Dalton's Law of Partial Pressure)

কোন একক গ্যাসের আয়তনের সহিত সংশ্লিষ্ট চাপের সম্পর্কটি বয়েল সূত্র হইতে জানা যায়। কিন্তু যখন একাধিক গ্যাস একই আধারে (অর্থাৎ একই আয়তনে) আবদ্ধ থাকে, তখন সংশ্লিষ্ট মোট চাপের মধ্যে বিভিন্ন গ্যাসগুলির প্রত্যেকের চাপের অবদান কি—এই সমস্যাটির সমাধান করেন **ডাল্টন**। পরীক্ষাফলের ভিত্তিতে, এই সমাধানকে, ডাল্টন একটি সূত্ররূপে বিবৃত করেন। এই সূত্রটিই বিখ্যাত **ডাল্টনের অংশ-প্রেষ সূত্র** (Dalton's Law of Partial Pressure)।

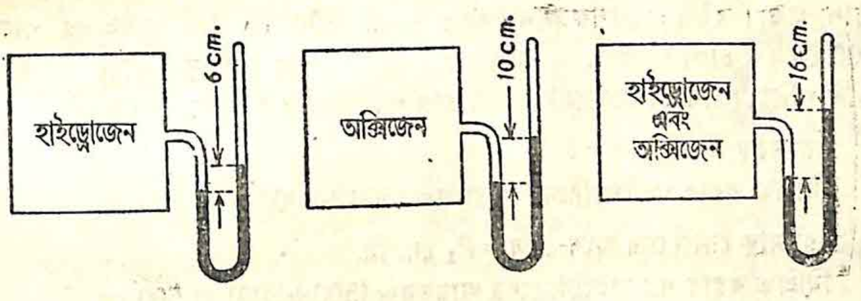
সূত্র ঃ একাধিক গ্যাসের মিশ্রণের মোট আয়তন হইতে যে চাপ প্রযুক্ত হয়, উহা গ্যাসগুলির প্রত্যেকটির পৃথক 'অংশ-প্রেষে'র (Partial Pressure) যোগফল।

গ্যাস মিশ্রের যে কোন একটি গ্যাস এককভাবে মোট আয়তনে বর্তমান থাকিলে, যে চাপ প্রযুক্ত হয় উহাই গ্যাসটির অংশ-প্রেষ।

ধরা যাক্, দুইটি গ্যাস পৃথক পৃথক ভাবে V সি. সি. আয়তনে চাপ উৎপন্ন করে P_1 এবং P_2। গ্যাস দুইটি মিশ্রিত করিয়া V সি. সি. আয়তন করিলে যদি উৎপন্ন চাপ P হয় তবে অংশ-প্রেষ সূত্রানুসারে, $P=P_1+P_2$

পরীক্ষা ঃ 5·8 নং চিত্রে তিনটি সম-আয়তন কক্ষ আছে এবং প্রত্যেকটিতে চাপ পরিমাপের জন্য একটি করিয়া ম্যানোমিটার (monometer) যুক্ত আছে। ধরা যাক্ প্রথম কক্ষটিতে কিছু পরিমাণে হাইড্রোজেন গ্যাস লওয়া হইল;

ম্যানোমিটারের পাঠ হইতে দেখা গেল প্রযুক্ত চাপ 6 সে. মি.। দ্বিতীয় কক্ষটিতে



চিত্র নং 5·8 : ডাল্টনের অংশ-প্রেষ সূত্রের পরীক্ষা

কিছু পরিমাণে অক্সিজেন গ্যাস লইয়া, অনুরূপভাবে দেখা গেল প্রযুক্ত চাপ 10 সে.মি.। এখন, তৃতীয় কক্ষটিতে পূর্বোক্ত পরিমাণ হাইড্রোজেন ও পূর্বোক্ত পরিমাণ অক্সিজেন প্রবিষ্ট করিয়া দেখা গেল প্রযুক্ত চাপ 16 সে. মি.

অর্থাৎ মোট মিশ্রণের চাপ P (16 সে. মি.) = হাইড্রোজেনের প্রযুক্ত চাপ (P_H : 6 সে. মি.) + অক্সিজেনের প্রযুক্ত চাপ (P_o : 10 সে. মি.)

যদি অনেকগুলি গ্যাসের মিলিত একটি মিশ্রের উৎপন্ন চাপ P হয়, তাহা হইলে,

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \quad \cdots \quad \cdots \quad P_n$$

P_1, P_2, P_3 এগুলি উপাদান গ্যাসগুলির যথাক্রমিক অংশ-প্রেষ। অংশ-প্রেষ সূত্রের সাহায্যে জলের উপর সংগৃহীত কোন গ্যাসের যথার্থ চাপও গণনা করা যায়। অনেক গ্যাসই জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। জল যে কোন উষ্ণতায়ই একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে এবং এই উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের গ্যাসধর্ম অনুসারে একটি চাপ থাকে। এই চাপকে **জলীয় বাষ্প চাপ** (Aquous tension) বলা হয়। প্রতি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের চাপ নির্দিষ্ট। ইহার একটি পরিজ্ঞাত তালিকা আছে। সেই তালিকার সাহায্যে উষ্ণতা জানা থাকিলে, ঐ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প চাপ জানা যায়।

ধরা যাক্, কোন উষ্ণতায় (t°C) জলের অপসারণ দ্বারা কিছু অক্সিজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হইল এবং দেখা গেল ইহার চাপ P। এই চাপ P কিন্তু সম্পূর্ণ অক্সিজেনের প্রযুক্ত চাপ নয়। সংগ্রহকালে অক্সিজেনের সহিত যে জলীয় বাষ্প মিলিত হইয়াছে উহার চাপ এবং সংগৃহীত অক্সিজেনের চাপ, এই দুইটির মোট চাপ P। অক্সিজেনের যথার্থ চাপ যদি P_1 হয় এবং t°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প চাপ যদি P_2 হয়,

$$P = P_1 + P_2$$

$\therefore$ অক্সিজেনের চাপ, $P_1 = P - P_2$

এই তথ্যটি গ্যাস ঘটিত নানা গাণিতিক সমস্যার সমাধানে প্রযুক্ত হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

● স্টপককযুক্ত 300 সি. সি. আয়তনের একটি পাত্রে 80 সে. মি. চাপে ক্লোরিন গ্যাস লওয়া হইল; স্টপককযুক্ত অপর একটি 200 সি. সি. আয়তনের পাত্রে 100 সে. মি. চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস লওয়া হইল। পাত্র দুইটি যুক্ত করিয়া স্টপকক-গুলি খুলিয়া গ্যাস দুইটিকে মিশ্রিত করিবার পর মিশ্রটির উৎপন্ন চাপ কত হইবে?

ধরা যাক নির্ণেয় চাপ $=P$

মিশ্রিত করার পর ক্লোরিনের আয়তন $=(300+200)$ বা 500 সি. সি.

ধরা যাক্ ক্লোরিনের অংশ-প্রেষ $=P_1$ সে. মি.

মিশ্রিত করার পর নাইট্রোজেনের আয়তন $=(300+200)$ বা 500 সে. মি.

ধরা যাক্ নাইট্রোজেনের অংশ-প্রেষ $=P_2$ সে. মি.

বয়েল সূত্রানুসারে, $P_1=\frac{80\times300}{500}$ বা 48 সে. মি.

$P_2=\frac{100\times200}{500}$ বা 40 সে. মি.

ডাল্টনের অংশ-প্রেষ সূত্রানুসারে, $P=P_1-P_2$

$=48+40$ বা 88 সে. মি.

অতএব গ্যাসমিশ্রের নির্ণেয় চাপ $=88$ সে. মি.

গ্রাহামের গ্যাসমিশ্রের ব্যাপন সূত্র
(Graham's Law of Diffusion of Gases)

গ্যাসের অণুগুলির গতিশক্তি থাকার জন্য ইহারা চতুর্দিকে যথেচ্ছ ছড়াইয়া পড়ে। ঘরে কোনস্থানে একটি ধূপ জ্বালাইলে স্বল্প সময়ের মধ্যেই উহার গন্ধ ঘরের সর্বত্র পাওয়া যায়, অর্থাৎ জলন্ত ধূপ হইতে উদ্ভূত গ্যাস সমগ্র ঘরের আয়তন অধিকার করে। গ্যাসের অণুগুলির গতিশক্তি, গ্যাসটির আণবিক ওজনের সহিত সম্পর্কিত। লঘু আণবিক ওজনের গ্যাসগুলি দ্রুতবেগে ছড়াইয়া পড়ে, গুরুভার আণবিক ওজনের গ্যাস-গুলির ছড়াইয়া পড়ার গতি অপেক্ষাকৃত কম।

একটি সচ্ছিদ্র পর্দা যুক্ত আধারে, গ্যাসমিশ্রকে আবদ্ধ করিয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, সর্বাধিক লঘু আণবিক ওজনের গ্যাসটিই সচ্ছিদ্র পর্দার মধ্য দিয়া সর্বাগ্রে বাহিরে চলিয়া আসে। এই ঘটনাটিকে **ব্যাপন** (diffusion) বলা হয়।

গ্যাসের ব্যাপন হারের সহিত উহার আণবিক ওজনের সঠিক সম্পর্কটিকে পরীক্ষাফলের ভিত্তিতে প্রথম নির্ধারণ করেন **গ্রাহাম** (1829) এবং একটি

সূত্রের আকারে এই সম্পর্ককে বিবৃত করেন। এই সূত্রটিই **গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র** (Graham's Law of Diffusion)।

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র ঃ "অপরিবর্তিত চাপে কোন গ্যাসের ব্যাপনের হার গ্যাসটির— (i) ঘনত্বের এবং (ii) আণবিক ওজনের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।"



গ্রাহাম

গাণিতিক ভাবে, যদি কোন গ্যাসের ব্যাপন হার R হয় এবং উহার ঘনত্ব d হয় এবং আণবিক ওজন m হয়, তবে সর্তানুসারে—

$$R \propto \frac{1}{\sqrt{d}} \text{ বা } R = \frac{\text{ধ্রুবক}}{\sqrt{d}}$$

যেহেতু ঘনত্ব, আণবিক ওজনের সমানুপাতিক,

$$R \propto \frac{1}{\sqrt{m}} \text{ বা } R = \frac{\text{ধ্রুবক}}{\sqrt{m}}$$

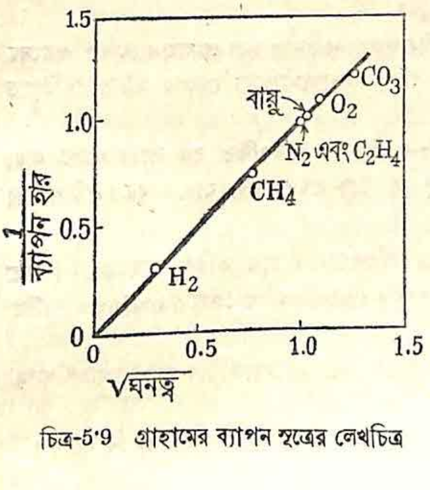
যদি দুইটি গ্যাসের ব্যাপন হার যথাক্রমে R_1 এবং R_2 হয়, এবং গ্যাস দুইটির ঘনত্ব যথাক্রমে d_1 ও d_2 হয় এবং পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে m_1 এবং m_2 হয়, গ্রাহাম সূত্রানুসারে—

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{m_2}}{\sqrt{m_1}} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

এই সমীকরণে চারিটি চলের মধ্যে যে-কোন তিনটি জানা থাকিলে চতুর্থটি নির্ণয় সম্ভব; সাধারণত ব্যাপন হার হইতে কোন অজ্ঞাত আণবিক ওজনের গ্যাসের আণবিক ওজন নির্ণয়ের ক্ষেত্রে, এই সূত্রটি ব্যবহার করা হয়।

ব্যাপন হারকে (rate of diffusion) নিম্নলিখিত সূত্র দ্বারা প্রকাশ করা যায়,

$$\text{ব্যাপন হার} = \frac{\text{ব্যাপিত গ্যাসের আয়তন}}{\text{সময়}}$$



চিত্র-5·9 গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের লেখচিত্র

সংলগ্ন লেখচিত্রে (চিত্র 5.9) বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে, ঘনত্বের সহিত ব্যাপনহার কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা দেখান হইয়াছে। এই লেখচিত্র হইতেই $R_1 : R_2 = \sqrt{d_2} : \sqrt{d_1}$ সম্পর্কটি প্রমাণিত হইয়াছে।

গাণিতিক উদাহরণ

● কোন একটি সচ্ছিদ্র পাত্রের মধ্য দিয়া 800 সি. সি. ক্লোরিন গ্যাসের ব্যাপিত হইবার সময় লাগে 120 সেকেণ্ড ; ঐ একই পাত্রের মধ্য দিয়া 200 সি. সি. অক্সিজেন গ্যাসের ব্যাপিত হইবার সময় লাগে 20·14 সেকেণ্ড। ক্লোরিনের বাষ্প ঘনত্ব ও আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (অক্সিজেনের আণবিক ওজন = 32)

ধরা যাক, ক্লোরিনের ব্যাপন হার $= R_1 = \frac{800}{120}$

অক্সিজেনের ব্যাপন হার $= R_2 = \frac{200}{20{\cdot}14}$

ক্লোরিনের আণবিক ওজন $= m_1 = x$

অক্সিজেনের আণবিক ওজন $= m_2 = 32$

সূত্রানুসারে, $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{m_2}}{\sqrt{m_1}} = \frac{800/120}{200/20{\cdot}14} = \frac{\sqrt{32}}{\sqrt{x}}$

$\therefore \quad x = 71{\cdot}0$

$\therefore$ ক্লোরিনের আণবিক ওজন $= 71$

এবং ক্লোরিনের বাষ্প-ঘনত্ব $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{71}{2}$ বা, 35·5

অনুশীলনী

1. অণুর পারস্পরিক দূরত্বের কমবেশী হইতে পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা কিরূপে সৃষ্টি হয়, আলোচনা কর। 'নির্দিষ্ট সংখ্যক গ্যাস অণুকে কোন আবদ্ধ পাত্রে সংগ্রহ করিয়া যে আয়তন পাওয়া যায়, উহাই ঐ সংখ্যক অণুর আয়তন'—এই সিদ্ধান্তটি কি সঠিক ? যদি সঠিক না হয়, কারণ নির্দেশ কর।

2. গ্যাসীয় অণুর আয়তন কিসের উপর নির্ভর করে ? গ্যাসের চাপ বলিতে কি বুঝায় ? গ্যাস চাপের একক কি ? 'ষ্ট্যাণ্ডার্ড চাপ' বা 'প্রমাণ চাপ' কাহাকে বলে ? গ্যাসচাপ পরীক্ষামূলকভাবে কি প্রকারে নির্ণয় করা হয় ?

3. গ্যাসের আয়তন পরিমাপের ক্ষেত্রে পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা পরিমাপ করা প্রয়োজন কেন ? গ্যাসের উষ্ণতা পরিমাপের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত 'অ্যাবসোলিউট স্কেল' কি ? অ্যাবসোলিউট স্কেলের সহিত সেন্টিগ্রেড স্কেলের সম্পর্ক কি ?

4. স্থির উষ্ণতায় প্রযুক্ত চাপের সহিত গ্যাসের আয়তন কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা সূত্রের দ্বারা বিবৃত কর। এই সূত্রটি কে প্রথম প্রতিষ্ঠা করেন ? সূত্রটিকে প্রমাণ করা যায়, এমন একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

কোন পরীক্ষায় স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের উপর বিভিন্ন চাপ প্রয়োগ করিয়া গ্যাসের যে বিভিন্ন আয়তন পাওয়া যায়—ঐ চাপ ও আয়তনকে যথাক্রমে ভুজ (abcissa) ও কোটি (ordinate) ধরিয়া লেখচিত্র অঙ্কন করিলে, লেখচিত্রটি কিরূপ হইবে ?

5. 'বয়েল সূত্র' বিবৃত কর। এই সূত্রটি কি সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে সর্বাবস্থায় প্রযোজ্য ? 'আদর্শ গ্যাস' ও 'প্রকৃত গ্যাস' কাহাকে বলে ?

স্থির উষ্ণতায় একটি গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ তিনগুণ বৃদ্ধি করিলে, উহার আয়তন কি হইবে ?

6. স্থিরচাপে প্রযুক্ত উষ্ণতার সহিত গ্যাসের আয়তন কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা সূত্রের দ্বারা বিবৃত কর। সূত্রে প্রযুক্ত উষ্ণতার একক সুস্পষ্টভাবে নির্দেশ কর। এই সূত্রটি কে প্রথম প্রতিষ্ঠা করেন? সূত্রটিকে প্রমাণ করা যায়, এমন একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

কোনো পরীক্ষায় স্থিরচাপে কোন গ্যাসের উপর বিভিন্ন উষ্ণতা প্রয়োগ করিয়া গ্যাসের যে বিভিন্ন আয়তন পাওয়া যায়, ঐ উষ্ণতা ও আয়তনকে যথাক্রমে ভুজ (abcissa) ও কোটি (ordinate) ধরিয়া লেখচিত্র অঙ্কন করিলে, লেখচিত্রের প্রকৃতি কিরূপ হইবে?

7. 'চার্লস সূত্র' বিবৃত কর। চার্লস সূত্রটি কি উষ্ণতার পরিমাপের সকল স্কেলেই প্রযোজ্য? 'অ্যাবসোলিউট স্কেল' ও 'পরম শূন্য উষ্ণতা' কাহাকে বলে?

চার্লস সূত্র কি সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই সর্বাবস্থায় প্রযোজ্য? 'আদর্শ গ্যাস' ও 'প্রকৃত গ্যাস' কাহাকে বলে?

8. (a) নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে, যথাযথ সম্পর্ক নির্দেশ কর—

(i) স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপের উপর প্রযুক্ত উষ্ণতার সম্পর্ক ;

(ii) স্থির চাপে গ্যাসের ঘনত্বের উপর প্রযুক্ত উষ্ণতার সম্পর্ক ;

(iii) স্থির উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তনের উপর প্রযুক্ত চাপের সম্পর্ক ;

(iv) স্থির উষ্ণতার গ্যাসের ঘনত্বের উপর প্রযুক্ত চাপের সম্পর্ক ;

(b) কোনো ম্যানোমিটারে (চিত্র নং 5.8, পৃ. 103) নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি করিলে; ম্যানোমিটারের দক্ষিণ বাহুতে কি পরিবর্তন লক্ষিত হইবে?—

(i) আবদ্ধ গ্যাস অংশকে উত্তপ্ত করা হইল ;

(ii) আবদ্ধ গ্যাস অংশে গ্যাসের পরিমাণ বৃদ্ধি করা হইল ;

(iii) বায়ুচাপ বর্ধিত করা হইল ;

(iv) ম্যানোমিটারস্থ পারদ অংশের কিছু অপসৃত করা হইল।

উপরোক্ত পরীক্ষাগুলির প্রতিক্ষেত্রে আবদ্ধ গ্যাসটির চাপ কিরূপে পরিবর্তিত হইবে?

9. চার্লস ও বয়েলের সূত্রের মিলিত সূত্রের রূপ কি? সূত্রটি প্রকাশ কর। 'মৌল গ্যাস ধ্রুবক' কাহাকে বলে? কোন গ্যাসের 1 মোল অণুর ক্ষেত্রে S. T. P'তে—মৌল গ্যাস ধ্রুবকের মান কত ও উহার একক কি বিবৃত কর।

10. টীকা লিখ—(i) প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপ (S. T. P.) (ii) পরমশূন্য উষ্ণতা (absolute zero temparature) (iii) অ্যাবসোলিউট বা কেলভিন স্কেল তাপমাত্রা (iv) অবস্থা সমীকরণ (Equation of State) (v) মৌল গ্যাস ধ্রুবক বা গ্রাম আণবিক গ্যাস ধ্রুবক, বা আণব ধ্রুবক (Universal Gas Constant) (vi) আদর্শ গ্যাস ও প্রকৃত গ্যাস (Ideal Gas and Real Gas)

11. 'অবস্থা সমীকরণ' কি? যে যে সূত্র হইতে 'অবস্থা সমীকরণে' উপনীত হওয়া যায় সেই সূত্রগুলি বিবৃত কর ও সূত্রগুলি হইতে অবস্থা সমীকরণের প্রচলিত রূপটি গণনা কর। 'R' কি? ইহার মান ও একক বিবৃত কর।

12. বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র ও অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের একত্র প্রয়োগে কিরূপে কোনো গ্যাসীয় যৌগের আণবিক ওজন নিধারণ করা যাইবে?

13. নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা, চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। [H.S. 1970, 1972]

14. যখন একাধিক গ্যাস একই আধারে আবদ্ধ থাকে তখন সংশ্লিষ্ট মোট চাপের মধ্যে বিভিন্ন গ্যাসগুলির প্রত্যেকের চাপের অবদান কি তাহা একটি সূত্রের সাহায্যে বিবৃত কর। সূত্রটির প্রস্তাবনা কে করেন? সূত্রটির গাণিতিক রূপ কি?

15. জলীয় বাষ্পচাপ (aquous tension) কি? কোনো গ্যাসকে জলের উপর সংগ্রহ করিলে, উহার প্রকৃত চাপ কি?

16. (a) 'গ্যাসের ব্যাপন' বলিতে কি বুঝায়? গ্যাসের ঘনত্ব বা আণবিক ওজনের সহিত ব্যাপনের সম্পর্ক কি? 'গ্রাহামের গ্যাসমিশ্রের ব্যাপন সূত্র'টি বিবৃত কর ও উদাহরণ যোগে ব্যাখ্যা কর।

(b) একটি সচ্ছিদ্র পর্দাযুক্ত আধারে নিম্নোক্ত গ্যাসগুলির মিশ্র একত্রে থাকিলে উহাদের ব্যাপনের ক্রমিক পর্যায় কিরূপ হইবে—

CO_2, CO, SO_2, HCl, H_2, NH_3, বায়ু ?

17. নিম্নলিখিত সূত্রগুলিকে গাণিতিক রূপ সহ বর্ণনা কর :—(i) বয়েল সূত্র, (ii) চার্লস সূত্র, (iii) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র, (iv) ডাল্টনের অংশ-প্রেষ সূত্র।

18. গ্যাসের ক্ষেত্রে P কে চাপ, V কে আয়তন, D কে ঘনত্ব, t°C কে সেন্টিগ্রেড মাত্রায় উষ্ণতা, T° কে অ্যাবসোলিউট মাত্রায় উষ্ণতা ধরিয়া,—নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে, চল রূপে দুইটি ও নিত্যরূপে একটিকে রাখিয়া, লেখচিত্র অঙ্কন করিলে, লেখচিত্রগুলির প্রকৃতি কিরূপ হইবে ?

(i) P ও V চল, T নিত্য (ii) P ও $\frac{1}{V}$ চল, T নিত্য (iii) V ও $\frac{1}{P}$ চল, T নিত্য

(iv) P ও T চল, V নিত্য (v) P ও t° চল V নিত্য।

(vi) V (x অক্ষ) ও $\frac{1}{p}$ (y অক্ষ), T নিত্য (I. I. T.)

19. 750 মি. মি. চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন 200 সি. সি. ; একই উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের উপর 780 মি. মি. চাপ প্রয়োগ করিলে গ্যাসটির আয়তন কত হইবে ? [*Ans*: 192·3 সি. সি.]

20. উষ্ণতা নিত্য রাখিয়া 1 লিটার কোনো গ্যাসকে সংকুচিত করিয়া 500 সি. সি. আয়তন করিতে কত চাপ লাগিবে ? [*Ans*: দ্বিগুণ চাপ লাগিবে]

21. (i) নিত্য উষ্ণতায় 750 মি. মি. চাপে কোনো গ্যাসের 100 সি. সি. কে সংকুচিত করিয়া 50 সি. সি. করা হইল। এই গ্যাসের চাপ কত হইবে ? [*Ans* : 1500 মি. মি.]

(ii) কোনো গ্যাসের 525 সি. সি.'র উপর প্রযুক্ত চাপ 770 মি. মি. হইতে হ্রাস করিয়া 550 মি. মি. করা হইল। গ্যাসটির আয়তনের কিরূপ পরিবর্তন ঘটিবে ? [*Ans* : আয়তন 210 সি. সি. বৃদ্ধি পাইবে]

22. 27°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন 10 লিটার ; কত উষ্ণতায় (°C) ঐ গ্যাসের আয়তন 20 লিটার হইবে ? [*Ans*: 327°C]

23. 50° C উষ্ণতায় কিছু নাইট্রোজেন গ্যাসের আয়তন 50 সি. সি.। অপরিবর্তিত চাপে −50°C উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ নাইট্রোজেনের আয়তন কত হইবে ? [H. S. 1969] [*Ans* : 34·5 সি. সি.]

24. 50 সি. সি. CO_2 গ্যাসকে 27°C ও 750 মি. মি. চাপে সংগ্রহ করা হইল। এখন গ্যাসটির আয়তন স্থির রাখিয়া গ্যাসটির উপর চাপ বৃদ্ধি করিয়া 940 মি. মি. করা হইল। এই অবস্থায় গ্যাসটির উষ্ণতা কত হইবে ? [*Ans* : 103°C]

25. নাইট্রোজেনের বাষ্পঘনত্ব 0°C উষ্ণতায় 14। চাপ নিত্য রাখিয়া গ্যাসটিকে −23°C শীতল করিলে, উহার আপেক্ষিক ঘনত্বের কি পরিবর্তন ঘটিবে ? [*Ans* : ঘনত্ব 1·29 বৃদ্ধি পাইবে]

26. 0°C উষ্ণতা ও 76 সে. মি. পারদের চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 2·5 লিটার। 546°C উষ্ণতা ও 150 মি. মি. পারদের চাপে—গ্যাসটির আয়তন কত হইবে ? [C. U. I. Sc. 1958] [*Ans*: 3·8 লিটার]

27. 100 সি. সি. নাইট্রোজেনকে 23°C উষ্ণতা ও 800 মি. মি. চাপে জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। N.T.P.'তে শুষ্ক ঐ নাইট্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত ? [23°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=21 মি. মি.] [*Ans* : 94·54 মি. লি.]

28. 100 সি. সি. অক্সিজেন গ্যাস 17°C উষ্ণতা ও 740 মি. মি. চাপে জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। ঐ গ্যাসের ওজন কত ? [N. T. P.'তে 22400 সি. সি. অক্সিজেনের ওজন 32 গ্রাম : 17°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14·53 মি. মি.] [*Ans* : 89·86 সি. সি.]

29. N. T. P.,তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 0·09 গ্রাম / লিটার ; 15°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব কত ? [H. S. 1972] [*Ans* : 0·084 গ্রাম / লিটার]

30. (i) 7°C উষ্ণতা ও 700 মি. মি. চাপে অক্সিজেনের আয়তন 500 সি. সি.
(ii) 15° ,, 750 ,, কার্বন ডায়ক্সাইডের ,, 120 সি. সি.
(iii) 27° ,, 800 ,, নাইট্রোজেনের ,, 1 লিটার
S. T. P'তে পূর্বোক্ত গ্যাসগুলির যথাক্রমিক আয়তন নির্ণয় কর।

[*Ans* : 449 সি. সি ; 112·3 সি. সি. ; 957·9 সি. সি.]

31. 13°C উষ্ণতা ও 741 মি. মি. চাপে 250 সি. সি. কোনো গ্যাসের ওজন 0·335 গ্রাম ; 20°C উষ্ণতা ও 700 মি. মি. চাপে 420 সি. সি. ঐ গ্যাসের ওজন কত ? [*Ans* : 0·5189 গ্রাম]

32. 27°C উষ্ণতা ও 15 বায়ু চাপে একটি আবদ্ধ পাত্রের মধ্যে কিছু উপযুক্ত অনুঘটকের সান্নিধ্যে কিছু পরিমাণ NH_3 গ্যাস লইয়া 347°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হইল। এই অবস্থায় NH_3-র আংশিক বিয়োজন ঘটে : $2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$। পাত্রটির মধ্যে আবদ্ধ গ্যাসের আয়তন নিত্য থাকে—কিন্তু চাপ বর্ধিত হইয়া 50 বায়ুচাপ হইল। অ্যামোনিয়ার বিযোজনের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [I. I. T. 1970]

(সংকেত : ধরা যাক অ্যামোনিয়ার আয়তনের x ভাগ বিযোজিত হয়

$$2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$$

আদি আয়তন	1	0	0
শেষ আয়তন	$1-x$	$\frac{x}{2}$	$\frac{3}{2}x$

$\therefore$ শেষে মোট আয়তন $= 1 - x + \frac{x}{2} + \frac{3}{2}x$

$= 1 + x$

..................................) [*Ans* : 61·3%]

33. 27°C উষ্ণতা ও 800 মি. মি. পারদ চাপে কোন গ্যাসের 380 মি. লি. ওজন 0·445 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (I. I. T. '75) [*Ans* : 28]

34. কোন একটি নির্দিষ্ট চাপে কোন আয়তন বায়ু লইয়া উহার উপর চাপ বর্ধিত করিয়া আদি আয়তনের ⅙ করা হইল। পরীক্ষাকালে উষ্ণতার পরিবর্তন ঘটে নাই ধরিয়া, বর্ধিতচাপ আদিচাপের কত গুণ হইল নির্ণয় কর। [*Ans* ; আদিচাপ P ধরিলে, বর্ধিত চাপ $6P$]

35. 27°C উষ্ণতায় কিছু পরিমাণ গ্যাস ও উহার মধ্যে অবস্থিত একখণ্ড কাচের মিলিত আয়তন 100 সি. সি.। চাপ ও উষ্ণতা দ্বিগুণ পরিমাণ করিলে গ্যাসটির আয়তন 59·3 সি. সি. হয়। কাচ খণ্ডটির আয়তন কত ?

[সংকেত : আদি অবস্থায় কাচের আয়তন x সি. সি. ধরিলে, গ্যাসের আয়তন $100-x$ সি. সি.]

[*Ans* : 10·55 সি. সি.]

36. N. T. P'তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব লিটার প্রতি 0·9 গ্রাম : 15°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে উহার ঘনত্ব কত ? [H. S. 1972] [*Ans* : 0·084 গ্রাম / লিটার]

37. কোন খনির উপরে 12°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে একটি স্ফীত খেলনা-বেলুনের আয়তন 450 সি. সি.। খনির নীচে চাপ 765 মি. মি. ও উষ্ণতা 5°C। খনির নীচে বেলুনটির আয়তনের কি পরিবর্তন ঘটিবে ? [*Ans* : 16·3 সি. সি. আয়তন কমিয়া যাইবে]

38. 27°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. পারদ চাপে 20·0 লিটার প্রোপেন গ্যাস ($CH_3.CH_2CH_3$) লওয়া হইল ; ইহাকে সম্পূর্ণ দহন করিতে যে অক্সিজেন লাগিবে S. T. P'তে উহার আয়তন নির্ণয় কর (I. I. T, '75)

[সংকেত : দহনের সমীকরণ $CH_3.CH_2.CH_3 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$]

[*Ans* : 91·0 লিটার]

39. একটি সচ্ছিদ্র পর্দাযুক্ত পাত্রের মধ্য দিয়া কোনো হাইড্রোকার্বনের 180 মি. লি. এর ব্যাপিত হইতে 15 মিনিট লাগে ; অনুরূপ অবস্থায় 120 মি. লি. সালফার ডায়ক্সাইডের ব্যাপিত হইতে 20 মিনিট লাগে। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. '72] [*Ans* : 16]

40. কোন ব্যাপন পরীক্ষায় দেখা গেল 127 সি. সি. কোনো গ্যাস এবং 100 সি. সি. ক্লোরিনের ব্যাপনের জন্য একই সময় লাগিতেছে। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত ? (কেম্বি জ H. S. C)

[*Ans* : 44·02]

41. উষ্ণতা নিত্য রাখিয়া কোন পরীক্ষায়—200 মি. লি. আয়তনের একটি আধারে 200 মি. মি. চাপে অক্সিজেন পূর্ণ আছে ; 300 মি. লি. আয়তনের আরেকটি আধারে 100 মি. লি. চাপে হাইড্রোজেন পূর্ণ আছে। আধার দুইটি যুক্ত করিয়া দিলে গ্যাসের পৃথক পৃথক অংশপ্রেষ কত ?

[*Ans* : মোট চাপ 140 মি. মি. : অক্সিজেনের অংশপ্রেষ 80 মি. মি. হাইড্রোজেনের অংশপ্রেষ 60 মি. মি.]

42. বায়ুতে আয়তন অনুপাতে 78 ভাগ নাইট্রোজেন 21 ভাগ অক্সিজেন আছে। S. T. P'তে বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশপ্রেষ নির্ণয় কর।

[*Ans* : অক্সিজেনের অংশপ্রেষ 159·6 মি. মি. : নাইট্রোজেনের অংশপ্রেষ 592·8 মি. মি.]

43. 4·80 গ্রাম O_2 গ্যাস ও 2·80 গ্রাম N_2 গ্যাস লওয়া হইল ; প্রতিটি গ্যাসের ক্ষেত্রে (আদর্শ গ্যাসের ধর্ম অনুসৃত হইতেছে ধরিয়া লইয়া) (i) মোলের সংখ্যা, (ii) অণুর সংখ্যা, (iii) পরমাণুর সংখ্যা, (iv) S. T. P.'তে অধিকৃত আয়তন, (v) 38 সে. মি. পারদ-চাপে ও 273°C উষ্ণতায় অধিকৃত আয়তন নির্ণয় কর।

[*Ans* : 0·150 ও 0·100 মোল ; $9{\cdot}03\times10^{22}$ এবং $6{\cdot}02\times10^{22}$ অণু ; $1{\cdot}81\times10^{23}$ এবং $1{\cdot}20\times10^{23}$ পরমাণু ; 3·36 এবং 2·24 লিটার ; 13·4 এবং 8·96 লিটার]

ষষ্ঠ অধ্যায়	মৌলমিতি ও রাসায়নিক গণনা
	মৌলমিতি—ওজনের অনুপাতে ওজন গণনা—ওজনের অনুপাতে আয়তন গণনা—আয়তন অনুপাতে আয়তন গণনা। গ্যাসমিতি। শতকরা সংযুতি—স্থূল সংকেত ও যথার্থ আণবিক সংকেত—আণবিক ওজন ও বাষ্প ঘনত্ব।

মৌলমিতি বা স্টয়সিওমেট্রি কথাটির উদ্ভব যে গ্রীক শব্দ হইতে (Stoicheion), উহার অর্থ 'মৌল পদার্থ'। স্টয়সিওমেট্রি কথাটি সাধারণত 'মৌল পদার্থের পরিমাপ' অর্থে ব্যবহৃত হইলেও, বিশদ অর্থে ইহা 'যৌগের মধ্যে মৌল পদার্থ সমূহের সংযুক্ত ওজনের পরিমাপ-পদ্ধতি'কে বুঝায়। রাসায়নিক সমীকরণে মৌল ও যৌগের ওজনের যে আনুপাতিক সম্পর্ক পাওয়া যায়, তাহাকে ভিত্তি করিয়াই নানা রাসায়নিক পরিমাপ ও গণনা করা যায়। এই সমীকরণভিত্তিক রাসায়নিক গণনাগুলিই রাসায়নিক পরিমাপশাস্ত্র বা রাসায়নিক গণিত (chemical arithmetic) সৃষ্টি করিয়াছে।

রাসায়নিক গণনা
(Chemical Calculations)

রাসায়নিক গণনা নানা প্রকারের হইতে পারে ; যথা :

(i) ওজনের অনুপাতে ওজন গণনা ;
(ii) ওজনের অনুপাতে আয়তন গণনা ;
(iii) আয়তন অনুপাতে আয়তন গণনা।

এই গণনাগুলির ক্ষেত্রে কয়েকটি তথ্য প্রয়োজনীয় :—

● রাসায়নিক গণনায় মৌলগুলির পারমাণবিক ওজনগুলি নিয়তই ব্যবহার্য বলিয়া সাধারণ কয়েকটি মৌলের পারমাণবিক ওজন স্মরণ রাখা প্রয়োজন। এখানে কয়েকটি মৌলের আসন্ন মানে পারমাণবিক ওজন দেওয়া হইল। পৃথকভাবে উল্লেখ না করা থাকিলে, এই পারমাণবিক ওজনগুলিই গণনায় ব্যবহার্য।

তালিকা

মৌল	পারমাণবিক ওজন	মৌল	পারমাণবিক ওজন
H	1	S	32
C	12	Cl	35·5
N	14	K	39
O	16	Fe	56
F	19	Cu	63·5
Na	23	Zn	65·5
Mg	24	Ag	108
Al	27	I	127

● রাসায়নিক সমীকরণে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির আণবিক ও পারমাণবিক ওজনের অনুপাতগুলি পরস্পরের তুল্যার্থে '≡' এই চিহ্নটি ব্যবহার করা যাইতে পারে।

● সমীকরণ হইতে তুল্যার্থ ধারণা প্রয়োগে, সুবিধামত ওজনের সহিত ওজন, বা ওজনের সহিত আয়তনের সম্পর্ক সোজাসুজি হিসাবে আনা যায়—

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

100 গ্রাম ≡ 98 গ্রাম ≡ 44 গ্রাম

100 গ্রাম ≡ 2 × 1000 সি. সি. (N)* ≡ 22·4 লিটার (N. T. P.)

● পদার্থের ভর (M) = আয়তন (V) × ঘনত্ব (D)

● পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{\text{পদার্থের ভর}}{\text{সম আয়তন জলের ভর } (4^\circ C)}$

$= \dfrac{\text{যে কোন আয়তন পদার্থের ভর}}{\text{সম আয়তন জলের ভর}}$

● পদার্থের ভর = পদার্থের আয়তন × আপেক্ষিক গুরুত্ব**

● গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে, বাষ্পীয় ঘনত্ব $= \dfrac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ওজন}}{\text{সম আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন}}$

(একই উষ্ণতা ও চাপে)

● প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 সি.সি. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম (প্রায়)

● প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে যে কোন গ্যাসের এক লিটারের ওজন =

বাষ্প ঘনত্ব × ·09 গ্রাম

● আয়তন অনুপাতে আয়তন গণনায়, মৌল বা যৌগ যে কোন গ্যাসের† ক্ষেত্রে গ্রাম আণবিক আয়তন, N. T. P.-তে (760 মি. মি. Hg ও 0°C), 22·4 লিটার। সমীকরণে, তুল্যার্থ প্রয়োগ করিয়া এই আয়তনের সম্পর্ক প্রয়োগ করা যায়ঃ

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

2 × 122·5 গ্রাম ≡ 3 × 32 গ্রাম

≡ 3 × 22·4 লিটার (N. T. P.)

1. ওজনের অনুপাতে ওজন গণনাঃ

(1) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84 ; 300 সি. সি. গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ওজন কত?

আমরা জানি, $M = V \times D$

∴ সালফিউরিক অ্যাসিডের ওজন = 300 × 1·84 = 552 গ্রাম

---

* অষ্টম অধ্যায়ঃ অম্লমিতি-ক্ষারমিতি দ্রষ্টব্য।

** C. G. S. এককে ঘনত্ব ও আপেক্ষিক গুরুত্ব একই ; পার্থক্যের মধ্যে ঘনত্বের একক গ্রাম, আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি অনুপাত বলিয়া সংখ্যামাত্র।

† নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি বাদে।

(2) ক্লোরিন গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব = 35·5 ; 27°C. ও 740 মি. মি. চাপে 400 সি. সি. ক্লোরিন গ্যাসের ওজন কত ?

বয়েল ও চার্লস সূত্র হইতে, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

$$\frac{400\times 740}{273+27}=\frac{760\times V_2}{273}$$

V_2 (N. T. P.-তে, প্রদত্ত ক্লোরিনের আয়তন)

$$=\frac{400\times 740\times 273}{760\times 300}=354{\cdot}42 \text{ সি. সি.}$$

গ্যাসের আণবিক ওজন = 2 × বাষ্প ঘনত্ব (অ্যাভোগাড্রো)

ক্লোরিনের আণবিক ওজন = 2 × 35·5 বা 71 গ্রাম

আবার, গ্যাসের গ্রাম আণবিক আয়তন = 22400 সি. সি. (N.T.P.-তে)

∴ N.T.P.'তে 22400 সি. সি. ক্লোরিনের ওজন = 71 গ্রাম

অতএব N.T.P.'তে 354·42 সি. সি. ক্লোরিনের ওজন

$$=\frac{354{\cdot}42\times 71}{22400} \text{ গ্রাম বা } 1{\cdot}12 \text{ গ্রাম।}$$

(3) 740 মি. মি. চাপ ও 27°C. উষ্ণতায় কোন গ্যাসের 1000 সি. সি.'র ওজন 0·75 গ্রাম ; গ্যাসটির N.T.P.'তে ঘনত্ব কত ?

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{740\times 1000}{273+27}=\frac{760\times V_2}{273}$$

V_2 (N.T.P.'তে গ্যাসের আয়তন) $=\frac{1000\times 740\times 273}{760\times 300}$

= 886 সি. সি. (প্রায়)

N.T.P.'তে 886 সি. সি. গ্যাসের ওজন = 0·75 গ্রাম

∴ " 22400 সি. সি. " " $=\frac{22400\times 0{\cdot}75}{886}$

= 18·96 গ্রাম

∴ গ্যাসের ঘনত্ব (N.T.P.'তে) = $\frac{22{\cdot}4 \text{ লিটার গ্যাসের ওজন (N.T.P.'তে)}}{22{\cdot}4 \text{ লিটার হাইড্রোজেনের ওজন (N.T.P.'তে)}}$

$$=\frac{18{\cdot}96}{2}=9{\cdot}48.$$

(4) কোন দ্রবণে ওজন অনুপাতে 20% গ্যাসীয় HCl দ্রবীভূত আছে ; দ্রবণটির আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·1। দ্রবণটির 100 সি. সি.-তে কত আয়তন (N.T.P.'তে) HCl-গ্যাস দ্রবীভূত আছে ?

100 গ্রাম দ্রবণে দ্রবীভূত HCl-এর পরিমাণ 20 গ্রাম
100 সি. সি. দ্রবণের ওজন $= 100 \times 1{\cdot}1$ বা 110 গ্রাম

প্রতি 100 গ্রাম দ্রবণে, দ্রবীভূত HCl 20 গ্রাম

$\therefore$ 110 „ „ „ „ $\frac{110 \times 20}{100}$ বা 22 গ্রাম

অর্থাৎ, 100 সি. সি. প্রদত্ত দ্রবণে HCl আছে 22 গ্রাম
36·5 গ্রাম HCl-গ্যাসের N.T.P.'তে আয়তন 22·4 লিটার

$\therefore$ 22 গ্রাম „ „ „ „ $\frac{22 \times 22{\cdot}4}{36{\cdot}5}$
বা 13·50 লিটার।

(5) 50 গ্রাম মার্বেল পাথর ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করিলে কত গ্রাম কলিচূণ (CaO) পাওয়া যাইবে ?

বিক্রিয়ার সমীকরণ : $CaCO_3 = CaO + CO_2$

বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির
আঃ ওজন অনুপাতে, $(40+12+3 \times 16)$ $(40+16)$ $(12+2 \times 16)$
100 56 44

গ্রাম ওজনের অনুপাতে, 100 গ্রাম $CaCO_3 \equiv 56$ গ্রাম CaO

$\therefore$ 50 গ্রাম $CaCO_3 \equiv \frac{50 \times 56}{100}$ গ্রাম CaO

$\equiv 28$ গ্রাম CaO

(6) 50 গ্রাম চকখড়ির সহিত বিক্রিয়া করিতে গেলে কি পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড লাগে ও বিক্রিয়ার ফলে কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় ?

বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে,

$(40+12+48)$ $(2+32+64)$ $(40+32+64)$
100 98 136

গ্রাম ওজনের অনুপাতে, 100 গ্রাম $CaCO_3 \equiv 98$ গ্রাম H_2SO_4
$\equiv 136$ গ্রাম $CaSO_4$

$\therefore$ 50 গ্রাম $CaCO_3 \equiv \frac{98}{2}$ গ্রাম $H_2SO_4 \equiv \frac{136}{2}$ গ্রাম $CaSO_4$

$\equiv 49$ গ্রাম $H_2SO_4 \equiv 68$ গ্রাম $CaSO_4$

(7) 30 গ্রাম মার্কিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া যায় ঐ পরিমাণ অক্সিজেন পাইতে গেলে কি পরিমাণ পটাশিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করা প্রয়োজন ?

বিক্রিয়ার সমীকরণ : $2HgO = 2Hg + O_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে $2(200 \times 16)$ 32

গ্রাম ওজন অনুপাতে, 432 গ্রাম $HgO \equiv 32$ গ্রাম O_2

দ্বিতীয় সমীকরণ : $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে $2(39+35{\cdot}5+3 \times 16)$ $3(2 \times 16)$

$2 \times 122{\cdot}5$ 3×32

গ্রাম ওজন অনুপাতে, 245 গ্রাম $KClO_3 \equiv 96$ গ্রাম O_2

প্রথম সমীকরণ হইতে, 432 গ্রাম $HgO \equiv 32$ গ্রাম O_2

3×432 গ্রাম $HgO \equiv 3 \times 32$ গ্রাম O_2

বা 96 গ্রাম O_2

দ্বিতীয় সমীকরণ হইতে, 245 গ্রাম $KClO_3 \equiv 96$ গ্রাম O_2

$\therefore$ দুইটি সমীকরণ যোগে 3×432 গ্রাম $HgO \equiv 245$ গ্রাম $KlCO_3$

বা 1296 গ্রাম $HgO \equiv 245$ গ্রাম $KClO_3$

সুতরাং 30 গ্রাম $HgO \equiv \frac{30 \times 245}{1296}$ গ্রাম $KClO_3$

$\equiv 5{\cdot}671$ গ্রাম (প্রায়) $KClO_3$

(8) 6 গ্রাম Mg-এর সহিত 14 গ্রাম H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ H_2 উৎপন্ন হইবে ?

বিক্রিয়ার সমীকরণ : $Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে 24 98 2

বা 24/4 98/4 2/4

$\therefore$ গ্রাম ওজনের অনুপাতে, 6 গ্রাম $Mg \equiv 24{\cdot}5$ গ্রাম $H_2SO_4 \equiv 0{\cdot}5$ গ্রাম H_2। 24·5 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে 6 গ্রাম Mg-এর পূর্ণ বিক্রিয়া ঘটিত। এখন প্রদত্ত H_2SO_4-এর পরিমাণ 14 গ্রাম। H_2SO_4 কম থাকায়, 6 গ্রাম Mg-এর কম পরিমাণ Mg বিক্রিয়া করিবে। অতএব H_2SO_4-এর প্রদত্ত মাত্রা হইতে গণনাটি করা প্রয়োজন।

সমীকরণ অনুসারে, 98 গ্রাম $H_2SO_4 \equiv$ (24 গ্রাম Mg) $\equiv 2$ গ্রাম H_2

$\therefore$ 14 গ্রাম $H_2SO_4 \equiv (\frac{24}{7}$ গ্রাম Mg$) \equiv \frac{2}{7}$ গ্রাম H_2

$\equiv 3{\cdot}43$ গ্রাম Mg (প্রায়) $\equiv 0{\cdot}286$ গ্রাম H_2 (প্রায়)

(9) একটি খনিজে শতকরা 25 ভাগ Fe_2O_3 আছে। 10 টন এই খনিজ হইতে কি পরিমাণ Fe পাওয়া যাইবে ?

10 টন খনিজে প্রকৃত Fe_2O_3 আছে $\frac{25}{100} \times 10 = 2{\cdot}5$ টন

এখন সমীকরণ $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$

আণবিক ওজন অনুপাত 160 2×56

টনের ওজনের এককে, 160 টন $Fe_2O_3 \equiv 112$ টন Fe

$\therefore$ 2·5 টন $Fe_2O_3 = \frac{112}{160} \times 2{\cdot}5 = 1{\cdot}75$ টন Fe.

(10) (i) পটাসিয়াম ক্লোরেট ও (ii) ক্যালসিয়াম কার্বনেট—প্রতিটি পদার্থের 1 গ্রাম লইয়া যথেষ্ট পরিমাণ উত্তপ্ত করা হইল। প্রতি ক্ষেত্রে ওজনের কি পরিবর্তন লক্ষ্য করা যাইবে? [H.S. 1971]

(i) প্রথম ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

245 গ্রাম 149 গ্রাম

245 গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হইয়া যায় এবং অবশেষ পটাশিয়াম ক্লোরাইডের ওজন 149 গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম $KClO_3$ উত্তপ্ত করার পর অবশেষ KCl-এর ওজন,

$\frac{149}{245}$ বা 0·608 গ্রাম

অতএব প্রথম ক্ষেত্রে, ওজন হ্রাস ঘটিবে এবং হ্রাসের পরিমাণ = (1 − 0·608) বা 0·392 গ্রাম।

(ii) দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$CaCO_3 = CaO + CO_2$

100 গ্রাম 56 গ্রাম

100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডায়ক্সাইড গ্যাস নির্গত হইয়া যায়, এবং অবশেষ ক্যালসিয়াম অক্সাইডের ওজন 56 গ্রাম।

$\therefore$ 1 গ্রাম $CaCO_3$ উত্তপ্ত করার পর অবশেষ CaO-এর ওজন $\frac{56}{100}$ বা, 0·56 গ্রাম

অতএব দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, ওজন হ্রাস ঘটিবে, এবং হ্রাসের পরিমাণ = (1 − 0·56) বা 0·44 গ্রাম।

(11) 20 গ্রাম জিংকের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া করিয়া যে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়, ঐ হাইড্রোজেনকে উত্তপ্ত নলে রক্ষিত 100 গ্রাম বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া চালনা করা হইল ; নলে কি অবশেষ থাকিবে, এবং অবশেষের ওজন কি হইবে? [জিংকের পা: ও: 65·3]

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

65·3 গ্রাম ≡ 2 গ্রাম

$\therefore$ 20 গ্রাম জিংক হইতে উৎপন্ন H_2-এর পরিমাণ $\frac{2 \times 20}{65{\cdot}3}$ বা 0·6125 গ্রাম

হাইড্রোজেন, কিউপ্রিক অক্সাইড-এর সহিত নিম্ন বিক্রিয়া করে

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

79·5 গ্রাম ≡ 2 গ্রাম ≡ 63·5

2 গ্রাম H_2, 79·5 গ্রাম CuO-এর সহিত বিক্রিয়া করে ও 63·5 গ্রাম Cu উৎপন্ন হয়

∴ 0·6125 গ্রাম H_2, $\frac{0·6125 \times 79·5}{2}$ গ্রাম CuO-এর সহিত বিক্রিয়া করে

এবং $\frac{63·5 \times 0·6125}{2}$ গ্রাম Cu উৎপন্ন করে

বা, 0·6125 গ্রাম H_2, 24·3468 গ্রাম CuO-এর সহিত বিক্রিয়া করে এবং 19·447 গ্রাম Cu উৎপন্ন করে

অতএব, অবশিষ্ট CuO-এর ওজন = 100 − 24·3468 = 75·6532 গ্রাম

উৎপন্ন Cu-এর ওজন = 19·447 গ্রাম

সুতরাং অবশেষের ওজন = 75·653 + 19·447

= 95·10 গ্রাম

(12) 17·4 গ্রাম বিশুদ্ধ MnO_2 কে অতিরিক্ত HCl সহ উত্তপ্ত করিয়া যে গ্যাস পাওয়া গেল, ঐ গ্যাসকে পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে চালিত করিলে কত গ্রাম আয়োডিন বিমুক্ত হইবে ?

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

(55 + 2 × 16) গ্রাম ≡ 2 × 35·5 গ্রাম

$$Cl_2 + 2KI = 2KCl + I_2$$

2 × 35·5 গ্রাম ≡ 2 × 127 গ্রাম

অতএব, 87 গ্রাম MnO_2 (≡ 71 গ্রাম Cl_2) ≡ 254 গ্রাম I_2

∴ 17·4 গ্রাম $MnO_2 \equiv \frac{17·4 \times 254}{87}$ বা 50·8 গ্রাম I_2

∴ 50·8 গ্রাম আয়োডিন বিযুক্ত হইবে।

(13) Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ এর একটি শুষ্ক মিশ্রের 7·5 গ্রাম উত্তপ্ত করিলে, মিশ্রের ওজন 0·825 গ্রাম হ্রাস পায়। ঐ মিশ্রের 5 গ্রাম HCl যোগে উত্তপ্ত করিলে, কত গ্রাম CO_2 পাওয়া যাইবে ?

Na_2CO_3 যৌগকে উত্তপ্ত করিলে কোন পরিবর্তন ঘটে না, কিন্তু $NaHCO_3$-কে তীব্র উত্তপ্ত করিলে, উহা হইতে CO_2 ও ষ্টীম নির্গত হইয়া যায় এবং উহা Na_2CO_3-তে পরিণত হয়। ফলে $NaHCO_3$ উত্তপ্ত করিলে ওজনের হ্রাস ঘটে।

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O\uparrow + CO_2\uparrow$$

2 × 84 গ্রাম 106 গ্রাম

অতএব 168 গ্রাম $NaHCO_3$ উত্তপ্ত করিলে উহার যে অবশেষ পড়িয়া থাকে, তাহার ওজন 106 গ্রাম।

বা, এক্ষেত্রে ওজনের হ্রাস ঘটে (168 – 106) বা 62 গ্রাম।

62 গ্রাম ওজন হ্রাস ঘটে ; যখন উৎপাদক $NaHCO_3$ এর পরিমাণ 168 গ্রাম

∴ 0·825 " " " " " " " " " $\frac{0{\cdot}825 \times 168}{62}$

বা 2·23 গ্রাম

7·50 গ্রাম মিশ্রে $NaHCO_3$ এর পরিমাণ, 2·23 গ্রাম

∴ " " " Na_2CO_3 এর পরিমাণ (7·50 – 2·23) বা 5·27 গ্রাম

অতএব 5 গ্রাম মিশ্রে Na_2CO_3-এর পরিমাণ $\frac{5 \times 5{\cdot}27}{7{\cdot}50}$ বা 3·51 গ্রাম (প্রায়)

" " " $NaHCO_3$ " " $\frac{5 \times 2{\cdot}23}{7{\cdot}50}$ বা 1·48 গ্রাম (প্রায়)

Na_2CO_3 হইতে HCl যোগে, CO_2 উৎপাদনের বিক্রিয়া

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

106 গ্রাম 44 গ্রাম

∴ 3·51 গ্রাম Na_2CO_3, CO_2 উৎপন্ন করিবে $\frac{3{\cdot}51 \times 44}{106}$

বা 1·45 গ্রাম (প্রায়)

$NaHCO_3$ হইতে HCl যোগে CO_2 উৎপাদনের বিক্রিয়া

$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2$$

84 গ্রাম 44 গ্রাম

∴ 1·48 গ্রাম $NaHCO_3$, CO_2 উৎপন্ন করিবে $\frac{1{\cdot}48 \times 44}{84}$

বা 0·77 গ্রাম (প্রায়)

অতএব, উৎপন্ন CO_2-এর মোট পরিমাণ = (1·45 + 0·77) বা 2·22 গ্রাম।

(14) কোন জিংকের নমুনার মধ্যে জিংক অক্সাইড মিশ্রিত আছে। এই নমুনার 1 গ্রাম, Zn HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় 0·026 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। নমুনাটিতে বিশুদ্ধ জিংকের শতকরা মাত্রা কত ?

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

65·3 গ্রাম ≡ 2 গ্রাম

2 গ্রাম H_2 বিযুক্ত করিতে প্রয়োজন 65·3 গ্রাম জিংক

∴ 0·026 গ্রাম H_2 " " " $\frac{0{\cdot}026 \times 65{\cdot}3}{2}$ বা 0·8489 গ্রাম জিংক

অতএব 1 গ্রাম নমুনায় আসল জিংকের পরিমাণ = 0·8489

এবং 1 " " জিংক অক্সাইডের পরিমাণ = (1 – 0·8489) = 0·1511 গ্রাম

সুতরাং বিশুদ্ধ জিংকের শতকরা মাত্রা = 84·89%

(15) একটি কয়লার নমুনার উপাদান C—90%, H—5%। এই কয়লার 10 কিলোগ্রাম সম্পূর্ণরূপে বায়ুতে দহন করিতে কি পরিমাণ বায়ুর প্রয়োজন ? বায়ুতে শতকরা 23 ভাগ অক্সিজেন আছে।

100 গ্রাম কয়লায়, কার্বন আছে 90 গ্রাম, হাইড্রোজেন আছে 5 গ্রাম

∴ 10,000 " " " " 9000 " " " 500 "

$$C + O_2 = CO_2$$
$$12 \text{ গ্রাম} \equiv 32 \text{ গ্রাম}$$

12 গ্রাম C-এর দহনে অক্সিজেন লাগে 32 গ্রাম

∴ 9000 " " " " " " $\frac{32 \times 9000}{12}$ বা 24,000 গ্রাম

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$
$$4 \text{ গ্রাম} \equiv 32 \text{ গ্রাম}$$

∴ 500 গ্রাম H-এর দহনে, অক্সিজেন লাগে $\frac{32 \times 500}{4}$ বা 4,000 গ্রাম

সুতরাং দহনে মোট অক্সিজেন লাগে (24,000 + 4000) বা, 28,000 গ্রাম।

23 গ্রাম অক্সিজেন থাকে 100 গ্রাম বায়ুতে

∴ 28,000 " " " $\frac{100 \times 28000}{23}$ বা 1,21,700 গ্রাম বায়ুতে

সুতরাং প্রয়োজনীয় বায়ুর পরিমাণ = 1,21,700 গ্রাম।

(16) ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্রের ওজন 2·69 গ্রাম। এই মিশ্রটিকে উত্তপ্ত করিয়া শেষ পর্যন্ত 1·366 গ্রাম অবশেষ (residue) পাওয়া যায়। মিশ্রটিতে পূর্বোক্ত উপাদান দুইটির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

$CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী উহারা যথাক্রমে CaO ও MgO অবশেষ (residue) উৎপন্ন করে। অতএব এক্ষেত্রে উৎপন্ন অবশেষ, CaO ও MgO-এর মিশ্রণ।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

ধরা যাক, মিশ্রটিতে $CaCO_3$-এর পরিমাণ x গ্রাম।

অতএব, মিশ্রটিতে $MgCO_3$-এর পরিমাণ $2{\cdot}69 - x$ গ্রাম।

এখন প্রথম সমীকরণঃ $CaCO_3 = CaO + CO_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে, 100 56

গ্রাম ওজন অনুপাতে, 100 গ্রাম $CaCO_3 \equiv 56$ গ্রাম CaO

∴ x গ্রাম $CaCO_3 \equiv \frac{56}{100} \times x$ CaO

দ্বিতীয় সমীকরণ : $MgCO_3 = MgO + CO_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে, 84 40

গ্রাম ওজন অনুপাতে, 84 গ্রাম $MgCO_3 \equiv 40$ গ্রাম MgO

$\therefore$ $(2{\cdot}69 - x)$ গ্রাম $MgCO_3 \equiv \frac{40}{84} \times (2{\cdot}69 - x)$ গ্রাম MgO

অতএব, মোট CaO+MgO-এর অবশেষের ওজন

$$= \frac{56}{100}x + \frac{40}{84}(2{\cdot}69 - x)$$

এখন দেওয়া আছে, অবশেষের ওজন $= 1{\cdot}366$

$\therefore$ $\frac{56}{100}x + \frac{40}{84}(2{\cdot}69 - x) = 1{\cdot}366$ $\therefore$ $x = 1{\cdot}01$ গ্রাম।

অতএব, % $CaCO_3 = \frac{1{\cdot}01}{2{\cdot}69} \times 100 = 37{\cdot}51$

% $MgCO_3 = 100 - 37{\cdot}51 = 62{\cdot}49$.

(17) কোন $CaCO_3$-$MgCO_3$-এর মিশ্রের 1 গ্রাম পরিমাণ উত্তপ্ত করিয়া N.T.P.'তে 240 সি. সি. CO_2 গ্যাস পাওয়া গেল। মিশ্রটির উপাদানগুলির শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [ইঞ্জিনিয়ারিং এণ্ট্রান্স পরীক্ষা, 1978]

ধরা যাক্ মিশ্রটিতে $MgCO_3$-এর পরিমাণ $= x$ গ্রাম

$\therefore$ „ $CaCO_3$ „ „ $= 1 - x$ গ্রাম

$MgCO_3 = MgO + CO_2$

84 গ্রাম 22400 সি. সি. (N.T.P.'তে)

84 গ্রাম $MgCO_3$, N.T.P.'তে 22400 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে

$\therefore$ x „ „ „ „ $\frac{22400x}{84}$ সি. সি. CO_2 „ „

বা, $266{\cdot}6.x$ সি. সি. „ „ „

$CaCO_3 = CaO + CO_2$

100 গ্রাম 22400 সি. সি. (N.T.P.'তে)

100 গ্রাম $CaCO_3$ N.T.P.'তে 22400 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে

$\therefore$ $(1 - x)$ গ্রাম „ „ $\frac{22400 \times (1 - x)}{100}$ সি. সি. „ „ „

বা, $224(1 - x)$ সি. সি. „ „ „

$\therefore$ উৎপন্ন মোট $CO_2 = [\,266{\cdot}6.x + 224(1 - x)]$ সি. সি.

অঙ্কে প্রদত্ত ফল অনুসারে, মোট $CO_2 = 240$ সি. সি.

$\therefore$ $266{\cdot}6.x + 224.(1 - x) = 240$ বা, $x = 0{\cdot}375$

$\therefore$ $MgCO_3$-এর পরিমাণ $= 0{\cdot}375$ গ্রাম

এবং $CaCO_3$-এর „ $= 1 - 0{\cdot}375 = 0{\cdot}625$ গ্রাম

সুতরাং $MgCO_3$-এর শতকরা মাত্রা $= 100 \times 0{\cdot}375 = 37{\cdot}5\%$

এবং $CaCO_3$-এর „ „ $= 100 \times 0{\cdot}625 = 62{\cdot}5\%$

□ 2. ওজনের অনুপাতে আয়তন গণনা ঃ

(1) 100 গ্রাম সালফার দহন করিয়া প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (N.T.P,'-তে) কি পরিমাণ সালফার ডায়ক্সাইড পাওয়া যাইবে ?

বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ $S + O_2 = SO_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে, 32 64

গ্রাম ওজন অনুপাতে, 32 গ্রাম S ≡ 64 গ্রাম SO_2

≡ 22·4 লিটার SO_2 (N.T.P.-তে)

∴ 100 গ্রাম S ≡ $\frac{100 \times 22{\cdot}4}{32}$

≡ 70 লিটার SO_2 (N.T.P.-তে)

অতএব 100 গ্রাম S দহন করিলে, N.T.P.'-তে 70 লিটার SO_2 পাওয়া যাইবে।

(2) (a) লেড নাইট্রেট, (b) নাইট্রিক অ্যাসিড ও (c) সালফিউরিক অ্যাসিড —প্রতিটির 10 গ্রাম হইতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কি কি আয়তনের অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?

(a) সমীকরণ ঃ $Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে, 2(208+28+96) 32

বা, 664 32

গ্রাম ওজন অনুপাতে, 664 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ ≡ 32 গ্রাম O_2

≡ 22·4 লিটার O_2 (N.T.P.)

∴ 10 গ্রাম $Pb(NO_3)_2 \equiv \frac{10}{664} \times 22{\cdot}4$ লিটার O_2 (N.T.P.)

≡ 0·337 লিটার O_2 (N.T.P.)

(b) সমীকরণ ঃ $4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে, 4{1+14+(16×3)} 32

গ্রাম ওজন অনুপাতে, 252 গ্রাম HNO_3 ≡ 22·4 লিটার O_2 (N.T.P.)

∴ 10 গ্রাম $HNO_3 \equiv \frac{10}{252} \times 22{\cdot}4$ লিটার O_2 (N.T.P.)

≡ 0·889 লিটার O_2 (N.T.P.)

(c) সমীকরণ ঃ $2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$

আণবিক ওজন অনুপাতে, 2{1×2+32+(16×4)} 32

গ্রাম ওজন অনুপাতে, 196 গ্রাম H_2SO_4 ≡ 22·4 লিটার O_2 (N.T.P.)

∴ 10 গ্রাম $H_2SO_4 \equiv \frac{10}{196} \times 22{\cdot}4$ লিটার O_2 (N.T.P.)

≡ 1·14 লিটার O_2 (N.T.P.)

22·4 লিটার অক্সিজেন 12 গ্রাম C-এর সহিত বিক্রিয়া করে

∴ 3·36 " " $\frac{3\cdot36 \times 12}{22\cdot4}$ বা 1·8 গ্রাম " " " "

অতএব অবশিষ্ট কার্বনের পরিমাণ = (5 − 1·8) বা 3·2 গ্রাম

আবার N.T.P.'তে 22·4 লিটার O_2, N.T.P.'তে 22·4 লিটার CO_2 উৎপন্ন করে

∴ " 3·36 " " " 3·36 " " " "

এখন, $P_1 = 76$ সে. মি. $P_2 = 75$ সে. মি.

$V_1 = 3\cdot36$ সে. মি. $V_2 = x$ লিটার

$T_1 = 273°A$ $T_2 = (273 + 27)°A$

$$\therefore \frac{76 \times 3\cdot36}{273} = \frac{75 \times x}{300}$$

বা, $x = \frac{76 \times 3\cdot36 \times 300}{75 \times 273}$ বা 3·741 লিটার

(7) 2 গ্রাম $CuSO_4$ আছে এরূপ দ্রবণ হইতে কপারকে অধঃক্ষিপ্ত করিতে যে H_2S লাগিবে—27°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে, উহার আয়তন কত? ঐ পরিমাণ H_2S উৎপন্ন করিতে কত পরিমাণ ফেরাস সালফাইড লাগিবে?

[H. S. 1964]

$$CuSO_4 + H_2S = CuS\downarrow + H_2SO_4$$

159·5 গ্রাম 22·4 লিটার (N.T.P.)

159·5 গ্রাম $CuSO_4$-এর সহিত বিক্রিয়া করিতে N.T.P.'তে 22·4 লিটার H_2S লাগে

∴ 2 গ্রাম " " " " " N.T.P.'তে H_2S লাগে—

$\frac{2 \times 22\cdot4}{159\cdot5}$ বা, 0·2808 লিটার

$P_1 = 760$ মি. মি. $P_2 = 750$ মি. মি.

$V_1 = 0\cdot2808$ লিটার $V_2 = x$ লিটার

$T_1 = 273°A$ $T_2 = (27 + 273)°A$

$$\therefore \frac{760 \times 0\cdot2808}{273} = \frac{750 \times x}{300}$$

বা, $x = \frac{760 \times 0\cdot2808 \times 300}{273 \times 750} = 0\cdot3126$ লিটার

আবার $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S\uparrow$

88 গ্রাম 22·4 লিটার (N.T.P.)

22·4 লিটার H_2S N.T.P.'তে উৎপন্ন করিতে FeS লাগে 88 গ্রাম

∴ 0·2808 " " " " " " "

$= \frac{0\cdot2808 \times 88}{22\cdot4}$ বা 1·104 গ্রাম

(8) 27°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে, একটি 1000 লিটার আয়তনের বেলুনকে হাইড্রোজেন গ্যাসে পূর্ণ করিতে হইবে। ঐজন্য প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে সর্বনিম্ন কি পরিমাণ আয়রন লাগিবে ? [Fe = 55·84]

আয়রন হইতে H_2 উৎপন্ন করা যায় দুইটি বিক্রিয়ায়

1. লৌহতপ্ত আয়রন ও স্টীমের বিক্রিয়া :

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

3 × 55·8   4 × 22·4 লিটার (N.T.P.)

2. আয়রন ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া :

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

55·84   22·4 লিটার (N.T.P.)

দুইটি বিক্রিয়া হইতে দেখা যাইতেছে, একই পরিমাণ H_2 (22·4 লিটার) উৎপন্ন করিতে প্রথম বিক্রিয়ায় আয়রন লাগে $\frac{3}{4}\times 55\cdot8$ গ্রাম এবং দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় আয়রন লাগে 55·8 গ্রাম।

অতএব **সর্বনিম্ন** আয়রন লাগে, প্রথম বিক্রিয়ায়। এই বিক্রিয়ানুযায়ীই গণনা করিতে হইবে।

সমস্যার প্রথমাংশ অনুসারে,

$P_1 = 750$ মি. মি. $P_2 = 760$ মি. মি,

$V_1 = 1000$ লিটার $V_2 = x$ লিটার

$T_1 = (273+27)^\circ A$ $T_2 = 273^\circ A$

$$\frac{750 \times 1000}{300} = \frac{760 \times x}{273}$$

∴ N.T.P.'তে H_2-এর আয়তন, $x = \frac{750 \times 1000 \times 273}{300 \times 760}$

$= 897\cdot89$ লিটার

1 নং বিক্রিয়ানুসারে,

4 × 22·4 লিটার H_2 (N.T.P.'তে) পাইতে 3 × 55·84 গ্রাম Fe লাগে

∴ 897·89 ,, ,, ,, ,, $\frac{897\cdot89 \times 3 \times 55\cdot84}{4 \times 22\cdot4}$,, ,, ,,

বা, 1677·53 গ্রাম ,, ,,

∴ প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন আয়রন লাগিবে = 1677·53 গ্রাম।

(9) কোন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে স্ফুটন করিয়া 12°C ও 750 মি. মি. চাপে 5 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়। দ্রবণটির শক্তি (i) শতকরা

মাত্রায় (ii) 'লিটার প্রতিগ্রাম' মাত্রায় ও (iii) 'আয়তন মাত্রায়' (volume strength) নির্ণয় কর।

(i) ধরা যাক্ উৎপন্ন O_2-এর N. T. P' তে আয়তন V সি. সি

$P_1=750$ মি. মি. $\quad P_2=760$ মি. মি

$V_1=5$ লিটার $\quad V_2=V$ লিটার

$T_1=(12+273)^\circ A \quad T_2=273^\circ A.$

$$\frac{750\times5}{285}=\frac{760\times V}{273}$$

$$\therefore \quad V=\frac{750\times5\times273}{285\times760}=4{\cdot}72 \text{ লিটার}$$

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

2×34 গ্রাম $\qquad$ 22·4 লিটার (N.T.P.)

22·4 লিটার O_2 উৎপন্ন হয়, $\quad$ 68 গ্রাম H_2O_2 হইতে

$\therefore$ 4·72 " " " " $\dfrac{4{\cdot}72\times68}{22{\cdot}4}$ বা 14·33 গ্রাম H_2O_2 হইতে

এতএব 100 সি. সি. প্রদত্ত দ্রবণে 14·33 গ্রাম H_2O_2 আছে

বা দ্রবণটির শতকরা মাত্রা = 14·33%

(ii) আবার, 1000 সি. সি. প্রদত্ত দ্রবণে 14·33 × 100

বা 143·3 গ্রাম H_2O_2 আছে

$\therefore$ দ্রবণটির শক্তি লিটার/গ্রাম হিসাবে = 143 গ্রাম/লিটার

(iii) আবার সমীকরণ হইতে 22400 সি.সি O_2 দেয় 68 গ্রাম H_2O_2

$\therefore$ $\dfrac{22400}{68}$ বা 329·4 " " " 1 গ্রাম "

বা 329·4 " " 1% 100 সি.সি. H_2O_2 এর দ্রবণ

বা 3·294 " " 1% 1 সি. সি. H_2O_2 এর দ্রবণ

সুতরাং 1% H_2O_2 দ্রবণের মাত্রা = "3·294 আয়তন"

$\therefore$ 14·33% " " " = 3·294 × 14·33 বা "47·2 আয়তন"।

(10) অক্সালিক অ্যাসিড একটি কঠিন সোদক কেলাস ; ইহার সংকেত $H_2C_2O_4$, $2H_2O$। কত গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড অতিরিক্ত মাত্রার গাঢ় H_2SO_4 এর সহিত উত্তপ্ত করিলে N.T.Pতে 5 লিটার গ্যাসমিশ্র পাওয়া যাইবে ?

ঐ 5 লিটার গ্যাসমিশ্রকে 7·5 লিটার গ্যাসমিশ্রে পরিণত করিতে, কি পরিমাণ কার্বন লাগিবে ?

অক্সালিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়া :

$$H_2C_2O_4, 2H_2O + H_2SO_4 = \underbrace{CO + CO_2}_{\text{গ্যাসমিশ্র}} + (H_2SO_4 + 3H_2O)$$

126 গ্রাম　　22·4 লিটার (N.T.P) + 22·4 লিটার (N.T.P)

(22·4+22·4) বা 44·8 লিটার গ্যাসমিশ্র পাওয়া যায় 126 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড হইতে

∴ 5 লিটার গ্যাসমিশ্র ($CO + CO_2$) পাওয়া যায় =

$\frac{5 \times 126}{44 \cdot 8}$ বা 14·06 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড হইতে

উপরের সমীকরণে দেখা যায়, গ্যাসমিশ্রে সমপরিমাণ CO ও CO_2 থাকে ;

অতএব 5 লিটার গ্যাসমিশ্রে COএর পরিমাণ = 2·5 লিটার

এবং CO_2 এর 　„　= 2·5 লিটার

গ্যাসমিশ্রের CO এর সহিত কার্বনের বিক্রিয়া নাই, কিন্তু CO_2 এর সহিত শ্বেততপ্ত কার্বন বিক্রিয়া করে ; যথা

$$C + CO_2 = 2CO$$

22·4 লিটার　2×22·4 লিটার　(N.T.P)

এবং, CO_2 আয়তনের তুলনায় উৎপন্ন CO এর আয়তন দ্বিগুণ

∴ 2·5 লিটার CO_2, C-এর সহিত বিক্রিয়ায় 5 লিটার CO করে এবং মোট CO (2·5+5) বা 7·5 লিটার হয়।

সমীকরণ হইতে, 22·4 লিটার CO_2 এর বিক্রিয়ার জন্য 12 গ্রাম C লাগে

∴ 2·5 „ „ „ „

$\frac{2 \cdot 5 \times 12}{22 \cdot 4}$ বা 1·339 গ্রাম কার্বন লাগে।

□ 3. আয়তন অনুপাতে আয়তন গণনা :

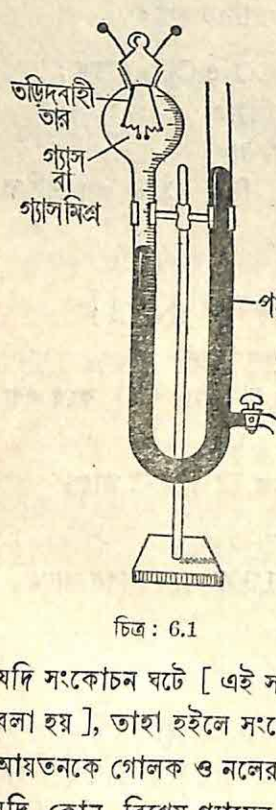
রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এক বা একাধিক বিক্রিয়ক পদার্থ যদি গ্যাস হয়, এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মধ্যেও এক বা একাধিক পদার্থ যদি গ্যাস হয়, তাহা হইলে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ গ্যাসগুলির মধ্যে গে লুস্যাকের সূত্রানুযায়ী, বিশেষ বিশেষ আয়তন অনুপাত লক্ষ্য করা যায়। এই আয়তন অনুপাতকে ভিত্তি করিয়া নানা রাসায়নিক গণনা করা যায়। এইগুলিকেই আয়তন অনুপাতে আয়তন গণনা বলা হয়।

সাধারণভাবে, এই জাতীয় গণনাকে **'গ্যাসমিতি'** (Eudiometry) নামেও অভিহিত করা হইয়া থাকে।

গ্যাসমিতির উপযোগিতা এই যে, ইহার সাহায্যে—

- সরল গ্যাসীয় বিক্রিয়াঘটিত বিভিন্ন প্রকার সমস্যার সমাধান করা যায় ;
- গ্যাসীয় মিশ্রণে উপাদানগুলির মাত্রা নির্ণয় করা যায় ;
- অজ্ঞাত সংকেত গ্যাসীয় যৌগ, বিশেষ করিয়া অজ্ঞাতসংকেত গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় করা যায়।

গ্যাসীয় বিক্রিয়া সংক্রান্ত পরীক্ষাগুলি, পরীক্ষাগারে, ইউডিয়োমিটার যন্ত্রের সাহায্যে নির্বাহ করা হয়। যন্ত্রটি (চিত্র নং 6.1) একটি U আকৃতির কাচনল, ইহার একপ্রান্ত খোলামুখ ও অপরপ্রান্ত গোলকাকৃতি। গোলকটির মুখ কাচের ছিপিদ্বারা বন্ধ। ঐ ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি তড়িৎবাহী তার প্রবিষ্ট থাকে। গোলকের মধ্যে তারের প্রান্ত দুইটি—স্বল্প ব্যবধানে এমন ভাবে থাকে যে তার দুইটির মধ্য দিয়া উচ্চ বিভবের তড়িৎ চালনা করিলে—তার দুইটির মধ্য দিয়া স্ফুলিংগ সৃষ্টি হইয়া তড়িৎ-মোক্ষণ হয়। স্ফুলিংগ যোগে যে তীব্র তাপ উৎপন্ন হয়, উহাতে গোলকে রক্ষিত গ্যাস বা গ্যাস মিশ্রের মধ্যে (প্রায়শঃই বিস্ফোরণসহ) বিক্রিয়া ঘটে।



চিত্র : 6.1

পরীক্ষার পূর্বে যন্ত্রটি পারদপূর্ণ থাকে। পরীক্ষার স্থচনায়, খোলা মুখের মধ্য দিয়া কোন গ্যাসের আগমনল প্রবিষ্ট করাইয়া, পারদের অপসারণ দ্বারা গোলকের মধ্যে গ্যাসটির নির্দিষ্ট আয়তন সংগ্রহ করা হয়। সংগৃহীত আয়তন, গোলক ও নলের গায়ে কাটা দাগ হইতে নিরূপণ করা হয়। ইহার পর, গোলকে অনুরূপভাবে অন্য গ্যাস সংগ্রহ করিয়া উহারও আয়তন নিরূপণ করা হয়। এখন গ্যাসমিশ্রের মধ্যে তড়িদ্‌বাহী তারযোগে তড়িৎ-চালনা করিলে, স্ফুলিংগ উৎপন্ন হইয়া, গোলকের গ্যাসগুলির মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে। বিক্রিয়ার ফলে যদি সংকোচন ঘটে [এই সংকোচনকে **প্রথম সংকোচন** (first contraction) বলা হয়], তাহা হইলে সংকোচনের ফলে কিছু আয়তন কমিয়া যায়। এই হ্রাসপ্রাপ্ত আয়তনকে গোলক ও নলের দাগ দেখিয়া লিপিবদ্ধ করা হয়। এখন, ঐ মিশ্রে আবার যদি কোন বিশেষ গ্যাসের বিশেষ শোষক (যেমন CO_2 এর জন্য KCH দ্রবণ) প্রবিষ্ট করা যায়, বিশেষ গ্যাসটি শোষিত হইয়া পুনর্বার আয়তনের সংকোচন ঘটে (এই সংকোচনকে **'দ্বিতীয় সংকোচন'** (second contraction) বলা হয়। অনেক ক্ষেত্রেই প্রথম ও দ্বিতীয় সংকোচনের পর, ইউডিয়োমিটারে **'অবশিষ্ট গ্যাস'** পড়িয়া থাকে। ইহারও আয়তন লিপিবদ্ধ করা হয়। এই পরিলক্ষিত আয়তনগুলির সাহায্যেই গ্যাসমিতির নানা গণনা করা হয়।

গ্যাসমিতির গণনায় মনে রাখা প্রয়োজন—

- সমীকরণে লিখিত গ্যাসগুলির গ্রাম-অণুর আয়তন N. T. P-তে 22·4 লিটার।

- গে লুস্যাকের আয়তন অনুপাত সূত্র গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ-গুলিতেই মাত্র প্রযোজ্য ; বিক্রিয়ায় কঠিন বা তরল পদার্থের আয়তন 'শূন্য' (অর্থাৎ নগণ্য) ধরা যায়।

- সম উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন গ্যাসে সমসংখ্যক অণু থাকে (অ্যাভোগাড্রো)।

অধিকাংশ ক্ষেত্রে ইউডিয়োমিটারে গৃহীত গ্যাসের বিক্রিয়াকালে স্ফুলিংগ যোগে, আয়তনের সংকোচন ঘটে। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে, গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় আয়তনের প্রসারণও ঘটে, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরের আয়তন অভিন্ন হয়। উদাহরণ :—

বিক্রিয়া	আয়তনে পরিলক্ষিত ফল
(1) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ (তরল) 1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন	সংকোচন : 2 আয়তন
(2) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (তরল) 2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন	সংকোচন : 3 আয়তন
(3) $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$ (তরল) 2 আয়তন 5 আয়তন 4 আয়তন 0 আয়তন	সংকোচন : 3 আয়তন
(4) $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ 1 আয়তন 3 আয়তন 2 আয়তন	সংকোচন : 2 আয়তন
(5) $2NH_3 = N_2 + 3H_2$ 2 আয়তন 1 আয়তন 3 আয়তন	প্রসারণ : 2 আয়তন
(6) $4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$ (স্টীম) 4 আয়তন 5 আয়তন 4 আয়তন 6 আয়তন	প্রসারণ : 1 আয়তন
(7) $4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$ (তরল) 4 আয়তন 5 আয়তন 4 আয়তন	সংকোচন : 5 আয়তন
(8) C (কঠিন) + $CO_2 = 2CO$ 0 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন	প্রসারণ : 1 আয়তন
(9) $N_2 + O_2 = 2NO$ 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন	পরিবর্তন ঘটে না
(10) $H_2 + I_2 = 2HI$ 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন	পরিবর্তন ঘটে না

□ A. আয়তন অনুপাতে আয়তন গণনা : সরল গ্যাসীয় বিক্রিয়া ঘটিত সমস্যা :

(1) 40 সি.সি. কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস বহুল পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া দহন করা হইল। দহনের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন ও উৎপন্ন CO_2 গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর।

সমীকরণ : $2CO + O_2 = CO_2$
2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

1 আয়তন কার্বন মনোক্সাইড দহনের জন্য অর্ধেক আয়তন অক্সিজেন লাগে।

∴ 40 সি.সি. কার্বন মনোক্সাইড দহনের জন্য নির্ণেয় অক্সিজেনের পরিমাণ = 20 সি.সি.

আবার, কার্বন মনোক্সাইড দহনের ফলে সম আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয়, এক্ষেত্রে 40 সি.সি. কার্বন মনোক্সাইডের দহন ঘটিয়াছে—

∴ নির্ণেয় কার্বন ডায়ক্সাইডের পরিমাণ = 40 সি.সি.

(2) 20 সি.সি. অ্যাসিটিলিন গ্যাসের সহিত 60 সি.সি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া তড়িৎ স্ফুলিংগ চালনা করা হইল। বিক্রিয়ার শেষে মিশ্রটিকে শীতল করিলে, মিশ্রটিতে কি কি গ্যাস থাকিবে এবং উহাদের আয়তন কি কি হইবে ?

বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$$
2 আয়তন 5 আয়তন 4 আয়তন 0 আয়তন

[শীতল করিলে স্টীম তরল জলে পরিণত হইবে ; উহার আয়তন নগণ্য]

অতএব, 20 সি.সি. C_2H_2, 50 সি.সি. O_2-এর সহিত বিক্রিয়ায় 40 সি.সি. CO_2তে পরিণত হইবে।

কিন্তু গৃহীত অক্সিজেনের পরিমাণ 60 সি.সি.
এবং দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ 50 সি.সি.

(বিয়োগ করিয়া) অতিরিক্ত অব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ 10 সি.সি.

অতএব, বিক্রিয়ার শেষে 40 সি.সি. CO_2 ও 10 সি.সি. O_2 থাকিবে।

(3) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 25 মি.লি. মার্সগ্যাসের সহিত 27°C উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে 300 মি.লি. বাতাস মিশ্রিত করিয়া তড়িৎ স্ফুলিংগ চালনা করা হইল। 170°C উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর। আয়তন হিসাবে বাতাসে 20% অক্সিজেন আছে। [Calcutta Inter]

মার্সগ্যাস বা মিথেন CH_4 ও অক্সিজেনের বিক্রিয়া :

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$
N.T.P.'তে 1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন

∴ 25 মি.লি. CH_4 গ্যাস, 2×25 বা 50 মি.লি. O_2 গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া করিয়া, 25 মি.লি. CO_2 উৎপন্ন করে।

ধরা যাক্ 27°C ও 750 মি.মি. চাপে 300 মি.লি বায়ুর N.T.P'তে আয়তন V c.c.

$P_1 = 750$ মি.মি. $\quad P_2 = 760$ মি.মি.

$V_1 = 300$ মি.লি. $\quad V_2 = V$ মি.লি

$T_1 = (273+27)°A \quad T_2 = 273°A$

$$\frac{750 \times 300}{300} = \frac{760 \times V}{273}$$

$$\therefore \quad V = \frac{750 \times 300 \times 273}{300 \times 760} = 269 \cdot 4 \text{ মি.লি}$$

বাতাসে, 20% O_2 আছে ;

∴ 269·4 মি.লি বাতাসে O_2 এর পরিমাণ, $269 \cdot 4 \times \frac{20}{100}$ বা 53·88 মি.লি

বাতাসে N_2 এর পরিমাণ = (269·4 − 53·88) বা 215.52 মি.লি

পূর্বে দেখা গিয়াছে, 25 মি.লি. মিথেনের সহিত 50 মি. লি. অক্সিজেন বিক্রিয়া করিয়াছে।

অতএব অবিকৃত O_2 এর পরিমাণ = 53·88 − 50

= 3·88 মি.লি.

অবিকৃত N_2 এর পরিমাণ = 215·52 মি.লি.

O_2 এর সহিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ = 25 মি.লি.

সুতরাং বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট গ্যাসের N.T·P'তে আয়তন

= (3·88 + 215·52 + 25) মি.লি. বা 244·4 মি. লি.

এই অবশিষ্ট গ্যাসের, 17°C ও 750 মি.লি চাপে আয়তন ধরা যাক V c.c.

$P_1 = 760$ মি.মি. $\quad P_2 = 750$ মি.মি.

$V_1 = 244 \cdot 4$ মি.লি. $\quad V_2 = V$ মি.লি.

$T_1 = 273°A \quad T_2 = (273+17)°A$

$$\frac{760 \times 244 \cdot 4}{273} = \frac{750 \times V}{290}$$

$$V = \frac{760 \times 244 \cdot 4 \times 290}{273 \times 750}$$

$$= 263 \cdot 1 \text{ মি.লি.}$$

অতএব, 17°C উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে অবশিষ্ট গ্যাসের (N_2, O_2 ও CO_2) আয়তন = 263·1 মি.লি.

(4) একটি গ্যাসীয় মিশ্রের 50%—হাইড্রোজেন, 40%—মিথেন এবং 10%—অক্সিজেন। 27°C ও 750 মি.মি. চাপে এই গ্যাসমিশ্রের 200 মি.লি. পূর্ণ দহন করিতে যে পরিমাণ অতিরিক্ত অক্সিজেন লাগিবে, উহার আয়তন N.T.P'তে কত ?

ধরা যাক্, N.T.P'তে প্রদত্ত গ্যাস মিশ্রের আয়তন V মি.লি.

P_1 = 750 মি. মি. P_2 = 760 মি. মি.

V_1 = 200 মি. লি. V_2 = V মি. লি.

$T_1 = (273+27)°A$ $T_2 = 273°A$

$$\frac{750 \times 200}{300} = \frac{760 \times V}{273}$$

$$\therefore \quad V = \frac{750 \times 200 \times 273}{300 \times 760} = 179{\cdot}6 \text{ মি.লি}$$

এই 179·6 মি.লি মিশ্রে—

H_2 এর পরিমাণ $= \frac{179{\cdot}6 \times 50}{100} = 89{\cdot}80$ মি.লি

CH_4 এর পরিমাণ $= \frac{179{\cdot}6 \times 40}{100} = 71{\cdot}84$ মি.লি

O_2-এর পরিমাণ $= \frac{179{\cdot}6 \times 10}{100} = 17{\cdot}96$ মি. লি.

এখন, দহন বিক্রিয়াগুলি—

(i) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$
2 আয়তন 1 আয়তন

∴ 89·80 মি. লি. H_2-এর দহনে অক্সিজেন লাগে $\frac{1}{2} \times 89{\cdot}80$

বা 44·90 মি. লি.

(ii) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$
1 আয়তন 2 আয়তন

∴ 71·84 মি. লি. CH_4-এর দহনে অক্সিজেন লাগে $2 \times 71{\cdot}84$

বা, 143·68 মি. লি.

অতএব, দহনে মোট অক্সিজেন লাগে = (44·90 + 143·68) বা 188·58 মি. লি.

মিশ্রে বর্তমান অক্সিজেনের আয়তন = 17·96 মি. লি.

অতএব, দহনে অতিরিক্ত অক্সিজেন লাগে = (188·58 − 17·96) = 170·62 মি.লি.

(5) একটি কোল গ্যাসের নমুনাকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখা যায় যে, উহাতে H = 50% ; CH_4 = 35% ; C_2H_4 = 5% ; N_2 = 2% এবং CO = 8% আছে। এই মিশ্রের 1 লিটারকে দহন করিতে প্রয়োজনীয় বাতাসের আয়তন নির্ণয় কর। বাতাসে অক্সিজেন 20% আয়তন হিসাবে আছে এবং সমস্ত গ্যাসের আয়তন একই চাপ ও উষ্ণতাতে লওয়া হইয়াছে।

নমুনাটির উপাদানগুলির আয়তনিক গঠন হইতে দেখা যায়, 1000 মি. লি. মিশ্রে আছে,

$$H = 1000 \times \frac{50}{100} = 500 \text{ মি. লি.}$$

$$CH_4 = 1000 \times \frac{35}{100} = 350 \text{ মি. লি.}$$

$$C_2H_4 = 1000 \times \frac{5}{100} = 50 \text{ মি. লি.}$$

$$N_2 = 1000 \times \frac{2}{100} = 20 \text{ মি. লি.}$$

$$CO = 1000 \times \frac{8}{100} = 80 \text{ মি. লি.}$$

N_2 ভিন্ন সকল গ্যাসগুলিকে দহন করা যাইতে পারে।

$$\underset{2 \text{ আয়তন}}{2H_2} + \underset{1 \text{ আয়তন}}{O_2} = 2H_2O \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

$$\underset{1 \text{ আয়তন}}{CH_4} + \underset{2 \text{ আয়তন}}{2O_2} = CO_2 + 2H_2O \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

$$\underset{1 \text{ আয়তন}}{C_2H_4} + \underset{3 \text{ আয়তন}}{3O_2} = 2CO_2 + 2H_2O \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

$$\underset{2 \text{ আয়তন}}{2CO} + \underset{1 \text{ আয়তন}}{O_2} = 2CO_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

(i), (ii), (iii) ও (iv) হইতে দেখা যায়,

মোট ব্যবহৃত অক্সিজেনে আয়তন $= \frac{1}{2} \times 500 + 2 \times 350 + 3 \times 50 + \frac{1}{2} \times 80$

$= 1140$ মি. লি.

$\therefore$ বাতাসে আয়তন হিসাবে 20% অক্সিজেন আছে,

নির্ণেয় বাতাসের আয়তন $= 1140 \times \frac{100}{20}$ মি. লি. $= 5700$ মি. লি.

বা 5·7 লিটার

(6) 5 সি. সি. মিথেন (CH_4) ও 15 সি. সি. অক্সিজেনের মিশ্রকে বিস্ফোরিত করা হইল। অবশিষ্ট গ্যাসের উপাদান ও পরিমাণ নির্ণয় কর।

$$\underset{1 \text{ আয়তন}}{CH_4} + \underset{2 \text{ আয়তন}}{2O_2} = \underset{1 \text{ আয়তন}}{CO_2} + 2H_2O$$

1 আয়তন CH_4, 2 আয়তন অক্সিজেনের সহিত, 1 আয়তন CO_2 করে

$\therefore$ 5 সি. সি. ,, 2×5 সি. সি. ,, ,, 5 সি. সি. CO_2 করে

অতএব উৎপন্ন $CO_2 = 5$ সি. সি.

অব্যবহৃত অক্সিজেন $= (15 - 2 \times 5) = 5$ সি. সি.

সুতরাং অবশিষ্ট গ্যাস $= 5$ সি. সি. CO_2 ও 5 সি. সি. O_2.

(7) N_2O এবং NO গ্যাসের 60 সি. সি. মিশ্রের মধ্যে সমআয়তন বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন যোগ করিয়া বিস্ফোরিত করা হইল। অবশিষ্ট গ্যাসরূপে 38 সি. সি. বিশুদ্ধ N_2 পাওয়া গেল। গ্যাসমিশ্রে উপাদানগুলির প্রতিটির মাত্রা নির্ণয় কর।

ধরা যাক্ মিশ্রে N_2O-এর পরিমাণ x সি. সি.।
অতএব NO-এর পরিমাণ $(60-x)$ সি. সি.

N_2O	+	H_2	=	N_2	+	H_2O
1 আয়তন		1 আয়তন		1 আয়তন		
x সি. সি.		x সি. সি.		x সি. সি.		
$2NO$	+	$2H_2$	=	N_2	+	$2H_2O$
2 আয়তন		2 আয়তন		1 আয়তন		
$\therefore$ $(60-x)$ সি. সি.		$(60-x)$ সি. সি.		$\frac{60-x}{2}$ সি. সি.		

সমীকরণ হইতে মোট উৎপন্ন $N_2 = x + \frac{60-x}{2}$

প্রদত্ত সমস্যানুসারে মোট উৎপন্ন $N_2 = 38$ সি. সি.

$$\therefore \quad x + \frac{60-x}{2} = 38 \quad \text{বা} \quad x = 16 \text{ সি. সি.}$$

সুতরাং, মিশ্রে $N_2O = 16$ সি. সি.
এবং $NO = (60-16) = 44$ সি. সি.।

(8) একটি গ্যাসমিশ্রে আয়তন অনুপাতে তিনভাগ কার্বন মনোক্সাইড ও একভাগ কার্বন ডায়ক্সাইড গ্যাস আছে। মিশ্রটি কিরূপে (i) সম্পূর্ণরূপে কার্বন মনোক্সাইডে, (ii) সম্পূর্ণরূপে কার্বন ডায়ক্সাইডে পরিণত করা যাইবে ? প্রতি ক্ষেত্রে আয়তনিক পরিবর্তন কি হইবে ?

ধরা যাক্ মিশ্রে CO-এর আয়তন $3x$; অতএব, CO_2-এর আয়তন x ; এবং, মিশ্রটির মোট আয়তন $= 3x + x = 4x$

(i) CO_2-কে রক্ততপ্ত কার্বনের উপর চালিত করিলে, CO_2—CO'তে পরিণত হয়। অতএব মিশ্রটিকে রক্ততপ্ত কার্বনের উপর চালিত করিলে মিশ্রটি সম্পূর্ণরূপে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হইবে।

CO_2	+	C	=	2CO
1 আয়তন				2 আয়তন
$\therefore$ x আয়তন				$2x$ আয়তন

সুতরাং বিক্রিয়ার পর মিশ্রটি, পূর্বের $3x$ ও পরে উৎপন্ন $2x$ অর্থাৎ $5x$ কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হইবে।

অর্থাৎ আয়তন $4x$ হইতে $5x$-এতে প্রসারণ ঘটিবে।

(ii) CO'কে অক্সিজেন সহ দহন করিলে CO_2 হয়। অতএব মিশ্রটিকে যথোচিত পরিমাণ অক্সিজেন সহ দহন করিলে, মিশ্রটি সম্পূর্ণরূপে কার্বন ডায়কসাইডে পরিণত হইবে।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

2 আয়তন   2 আয়তন

∴ $3x$ আয়তন $3x$ আয়তন

সুতরাং বিক্রিয়ার পর মিশ্রটি পূর্বের x ও পরে উৎপন্ন $3x$ অর্থাৎ $4x$ কার্বন ডায়কসাইডে পরিণত হইবে।

অর্থাৎ পূর্বের আয়তন $4x$ ও পরের আয়তন $4x$ হওয়ায়, আয়তনের এক্ষেত্রে কোন পরিবর্তন ঘটিবে না।

(9) 25 সি.সি. অক্সিজেনের মধ্যে নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণ ঘটাইবার পর দেখা গেল অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 20 সি. সি.। অবশিষ্ট গ্যাসের উপাদান মাত্রা নির্ণয় কর।

অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণ ঘটাইলে উহা ওজোন গ্যাসে পরিণত হয় : বিক্রিয়া

$$3O_2 = 2O_3$$

3 আয়তন   2 আয়তন

1 আয়তন $\frac{2}{3}$ আয়তন

ধরা যাক্ গৃহীত অক্সিজেনের x সি. সি. ওজোনে পরিণত হয়।

অতএব উৎপন্ন ওজোনের পরিমাণ $= \frac{2}{3}x$;

এবং অবশিষ্ট অক্সিজেনের পরিমাণ $= 25 - x$

সুতরাং, অবশিষ্ট মোট গ্যাসের পরিমাণ $= \frac{2}{3}x + 25 - x$

প্রদত্ত সমস্যানুসারে,

$\frac{2}{3}x + 25 - x = 20$ বা, $x = 15$ সি. সি.

অতএব, উৎপন্ন ওজোনের পরিমাণ $= 15 \times \frac{2}{3} = 10$ সি. সি.

অবশিষ্ট অক্সিজেনের পরিমাণ $= 25 - 15 = 10$ সি. সি.

সুতরাং, অবশিষ্ট গ্যাসটি 10 সি. সি. ওজন ও 10 সি. সি. অক্সিজেনের মিশ্র।

□ B. আয়তন অনুপাতে আয়তন গণনা : গ্যাসীয় মিশ্রের উপাদানগুলির মাত্রা নির্ণয় :

(1) CH_4 ও C_2H_2 গ্যাসের একটি মিশ্রণকে পূর্ণ দহন করিতে 22 সি. সি. অক্সিজেন লাগিল ও 14 সি. সি. CO_2 পাওয়া গেল। মিশ্রণটির মধ্যে CH_4 ও C_2H_2 কি কি পরিমাণে ছিল ?

ধরা যাক্, মিশ্রণটির পরিমাণ ছিল y সি. সি. এবং মিশ্রণটিতে CH_4-এর পরিমাণ ছিল x সি. সি.।

∴ মিশ্রণটিতে C_2H_2-এর পরিমাণ ছিল $y - x$ সি. সি.

এখন CH_4-এর দহন-বিক্রিয়া :

$$\underset{\text{1 আয়তন}}{CH_4} + \underset{\text{2 আয়তন}}{2O_2} = \underset{\text{1 আয়তন}}{CO_2} + 2H_2O$$

x সি. সি. CH_4-এর দহনে $2x$ সি. সি. O_2 লাগে এবং x সি. সি. CO_2 উৎপন্ন হয়।

আবার C_2H_2-এর দহন বিক্রিয়া :

$$\underset{\text{2 আয়তন}}{2C_2H_2} + \underset{\text{5 আয়তন}}{5O_2} = \underset{\text{4 আয়তন}}{4CO_2} + 2H_2O$$

$\therefore$ $y-x$ সি. সি. C_2H_2-এর দহনে $\frac{5}{2}(y-x)$ সি. সি. O_2 লাগে এবং $2(y-x)$ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন হয়।

সুতরাং একত্রে গ্যাস দুইটির দহনের জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন—

$$2x+\tfrac{5}{2}(y-x) \text{ সি. সি.}$$

এবং গ্যাস দুইটি হইতে উৎপন্ন মোট CO_2

$$x+2(y-x)$$

প্রদত্ত প্রশ্নানুসারে, $2x+\frac{5}{2}(y-x)=22$ ... ... (1)

এবং $x+2(y-x)=14$ ... ... (2)

এই দুইটি সমীকরণ হইতে x এবং y সমাধান করিয়া,

$$y=10 \text{ এবং } x=6$$

অতএব মিশ্রণটিতে 6 সি. সি. CH_4 ও 4 সি. সি. C_2H_2 ছিল।

(2) কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন এবং হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রের 100 সি. সি. আয়তন লইয়া উহার সহিত 300 সি. সি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরিত করা হইল। বিস্ফোরণের পর শীতল করিয়া আয়তন হইল 285 সি. সি.। ইহার উপর কস্টিক পটাস যোগ করিয়া দেখা গেল অবশেষরূপে 205 সি. সি. অক্সিজেন রহিল। মিশ্রটির উপাদান নির্ণয় কর। সকল গ্যাসের আয়তনগুলিই একই উষ্ণতা ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে।

[জয়েন্ট এন্ট্রান্স পরীক্ষা, 1971]

প্রদত্ত অংক হইতে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $=300-205=95$ সি. সি.

উৎপন্ন CO_2-এর মোট পরিমাণ $=285-205=80$ সি. সি.

ধরা যাক্, মিশ্রটিতে CO-এর পরিমাণ $=x$ সি. সি.

CH_4-এর পরিমাণ $=y$ সি. সি.

$\therefore$ H_2-এর পরিমাণ $=(100-x-y)$ সি. সি.

এখন, (a) $2CO + O_2 = 2CO_2$ ... (i)

2 আয়তন	1 আয়তন	2 আয়তন
1 আয়তন	$\frac{1}{2}$ আয়তন	1 আয়তন
x আয়তন	$\frac{x}{2}$ আয়তন	x আয়তন

(b) $CH_4 \quad + \quad 2O_2 \quad = \quad CO_2 \; + \; 2H_2O$ ...(ii)

1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন

∴ y আয়তন $2y$ আয়তন y আয়তন

(c) $2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$ ... (iii)

2 আয়তন 1 আয়তন

1 আয়তন $\frac{1}{2}$ আয়তন

∴ $(100-x-y)$ $\frac{1}{2}(100-x-y)$

আয়তন আয়তন

(i), (ii) ও (iii) সূত্র হইতে—

ব্যবহৃত মোট অক্সিজেনের আয়তন $=\frac{x}{2}+2y+\frac{1}{2}(100-x-y)$

উৎপন্ন মোট CO_2-এর আয়তন $=x+y$

প্রদত্ত অংক অনুসারে,

$\frac{x}{2}+2y+\frac{1}{2}(100-x-y)=95$ সি. সি. ... ... (1)

এবং $x+y=80$ সি. সি. ... ... (2)

(1) ও (2) সমীকরণ হইতে সমাধান করিয়া $x=50$, $y=30$

অতএব মিশ্রটিতে CO-এর পরিমাণ $=x$ সি. সি. $=50$ সি. সি.

CH_4-এর পরিমাণ $=y$ সি. সি. $=30$ সি. সি.

H_2-এর পরিমাণ $=100-50-30=20$ সি. সি.

□ C. আয়তন অনুপাতে আয়তন গণনা ঃ অজ্ঞাত সংকেত গ্যাসীয় যৌগ ও গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় ঃ

বিভিন্ন গ্যাসের পরস্পরের সহিত বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ গ্যাসগুলির যে আয়তনিক অনুপাত পাওয়া যায় তাহা হইতে অনেক ক্ষেত্রে অজ্ঞাত সংকেত গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ করা যায়। বিভিন্ন গ্যাসীয় যৌগ, বিশেষ করিয়া হাইড্রোকার্বন শ্রেণীর গ্যাসগুলির সংকেত নির্ধারণের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি বিশেষ উপযোগী। এই পদ্ধতিটি অনুসরণকালে স্মরণ রাখা প্রয়োজন।

● কোন গ্যাসের সহিত অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া দহন করিলে, জল যদি অন্যতম উৎপন্ন পদার্থ হয়, তাহা হইলে (জলের আয়তন তরলরূপে নগণ্য বলিয়া) দহনের পরই গ্যাসমিশ্রের আয়তনের একটি সংকোচন (contraction) ঘটে ; অনেক সময় ইহাকে **'প্রথম সংকোচন'** (first contraction) বলা হয়।

● দহনের ফলে বিক্রিয়কগুলি হইতে যদি কোন অম্লধর্মী গ্যাস (CO_2, NO_2 ইত্যাদি) উৎপন্ন হয়, তাহা হইলে দহনের পর গ্যাসমিশ্রটিকে ক্ষার (alkali) যোগে ঝাঁকাইলে, অম্লধর্মী গ্যাস ক্ষারে দ্রবীভূত হইয়া যায়—ফলে গ্যাসমিশ্রের আয়তনের আবার সংকোচন ঘটে ; অনেক সময় ইহাকে **'দ্বিতীয় সংকোচন'** (second contraction) বলা হয়।

প্রথম সংকোচন ও দ্বিতীয় সংকোচনের মান হইতে গ্যাসের আণবিক সংকেত গণনা করা যায়।

আণবিক সংকেত দুই প্রকার—**স্থূল সংকেত** (empirical formula) ও **যথার্থ আণবিক সংকেত** (true or molecular formula) [পরবর্তী আলোচনা দ্রষ্টব্য]। প্রথম সংকোচন ও দ্বিতীয় সংকোচন হইতে গণিত সংকেতে, অণুর মধ্যে বর্তমান পরমাণুগুলির অনুপাত হইতে গ্যাসের সংকেত পাওয়া যায়। এরূপ সংকেতকে **স্থূল সংকেত** বলা হয়। যে সব সমস্যায় প্রথম সংকোচন ও দ্বিতীয় সংকোচন দেওয়া থাকে কিন্তু বাষ্প ঘনত্ব দেয়া থাকে না, সে সকল ক্ষেত্রে পরিগণিত স্থূল সংকেতই গ্যাসের আণবিক সংকেত।

কোন কোন সময় গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণের ক্ষেত্রে, প্রথম সংকোচন ও দ্বিতীয় সংকোচনের মানের সহিত গ্যাসটির বাষ্প-ঘনত্বও দেওয়া থাকে। এক্ষেত্রে প্রথম সংকোচন ও দ্বিতীয় সংকোচনের মান হইতে গ্যাসের অণুতে উপাদান পরমাণুগুলির অণুপাত নির্ণয় করা হয় ও ঐ অনুপাতে স্থূল সংকেত নির্ণয় করা হয়। এখন 'আণবিক ওজন বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ', এই সূত্রানুসারে, স্থূল সংকেতকে কত গুণিতক করিলে ঐ আণবিক ওজন হয়—তাহা নিরূপণ করা হয়। গুণিতক সহ স্থূল সংকেতকে গুণ করিয়া যে সংকেত পাওয়া যায়, উহাই গ্যাসটির **যথার্থ আণবিক সংকেত**।

হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয়ে গঠিত সমস্যাগুলি সাধারণতঃ তিন প্রকারের, যথা—

(i) হাইড্রোকার্বনের আয়তন, প্রথম সংকোচনের আয়তন ও দ্বিতীয় সংকোচনের আয়তন জানা থাকে ;

(ii) হাইড্রোকার্বনের আয়তন, প্রথম সংকোচনের আয়তন ও বাষ্পীয় ঘনত্বের মান জানা থাকে ;

(iii) হাইড্রোকার্বনের আয়তন, ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন এবং প্রথম সংকোচনের মান জানা থাকে।

এই নানা প্রকারের সমস্যার সমাধানের জন্য বিশেষ উপযোগী দুইটি সূত্র

(i) দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

=প্রথম সংকোচনের আয়তন+দ্বিতীয় সংকোচনের আয়তন — গৃহীত হাইড্রোকার্বনের আয়তন

(ii) হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন অংশটির সহিত দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

=প্রথম সংকোচনের আয়তন—হাইড্রোকার্বনের আয়তন

এই দুইটি সূত্র ছাড়া, নিম্নলিখিত বিষয়গুলি স্মরণ রাখা প্রয়োজন ; যথা

- হাইড্রোকার্বনের দহনে উৎপন্ন CO_2 এর মধ্যে সর্বদাই সম আয়তন অক্সিজেন থাকে ; [$\because\ C+O_2=CO_2$]

● হাইড্রোকার্বনের দহনে ব্যবহৃত মোট অক্সিজেনের আয়তন—দহনে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সহিত দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন।

● হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের আয়তন = হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন অংশের সহিত ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন × 2

● হাইড্রোকার্বনের দহনে যে প্রথম সংকোচন ঘটে—

ঐ প্রথম সংকোচনের আয়তন $\times \frac{2}{3}$ = হাইড্রোজেনের আয়তন

এবং ঐ " " " $\times \frac{1}{3}$ = অক্সিজেনের* আয়তন

● গ্যাসের আণবিক ওজন = 2 × গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব

● সাধারণ মৌল গ্যাসগুলির অণু, দ্বি-পরমাণুক (H_2, N_2, O_2 ইত্যাদি)

● একটি কার্বন ডায়ক্সাইডের অণুতে, 1টি কার্বন পরমাণু থাকে।

□ গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ণয় ঃ

(1) 10 সি. সি. একটি অজ্ঞাত সংকেত হাইড্রোকার্বন যৌগের সহিত 25 সি. সি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরিত করা হইল। মিশ্রণটি সংকুচিত হইয়া 15 সি. সি. আয়তনে দাঁড়াইল। KOH দ্রবণ যোগে ইহাকে ঝাঁকাইলে আয়তনের 10 সি. সি. সংকোচন ঘটিল। হাইড্রোকার্বনটির ঘনত্ব = 8. হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত কি ?

যে-কোন হাইড্রোকার্বনের উপযুক্ত অক্সিজেন যোগে দহন ঘটিলে বিক্রিয়াটি হইবে,

$$C_xH_y + (x + \tfrac{y}{4})O_2 = xCO_2 + \tfrac{y}{2}H_2O.$$

এখন অঙ্কের সর্তানুযায়ী মিশ্রে KOH যোগ করার পূর্বের আয়তন = 15 সি. সি.

KOH যোগ করায় সংকোচন = 10 সি. সি.

∴ KOH যোগের পরের আয়তন = 5 সি.সি.

এই অবশিষ্ট আয়তন (15 – 10) বা 5 সি. সি. অতিরিক্ত অক্সিজেন।

অতএব বিক্রিয়ায়, ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = (25 – 5) বা 20 সি. সি.। এই অক্সিজেন অংশত হাইড্রোকার্বনের কার্বনকে কার্বন-ডায়ক্সাইডে পরিণত করিয়াছে ও অংশত হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করিয়াছে।

উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = KOH দ্বারা সংকোচন = 10 সি. সি.

CO_2-এর মধ্যে সম-আয়তন অক্সিজেন থাকে

$$\underset{}{C} + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = \underset{\text{1 আয়তন}}{CO_2}$$

∴ 10 সি. সি. কার্বন-ডায়ক্সাইডে অক্সিজেন লাগিয়াছে 10 সি. সি.।

সুতরাং হাইড্রোজেনের সহিত সংযোজনের জন্য বাকী অক্সিজেন অর্থাৎ (20 – 10) বা 10 সি.সি. অক্সিজেন লাগিয়াছে।

* হাইড্রোজেনের সহিত দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেন।

কিন্তু অক্সিজেন দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়

$$\underset{\text{2 আয়তন}}{2H_2} + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = 2H_2O$$

অতএব সংযুক্ত হাইড্রোজেনের আয়তন = 20 সি.সি.

অর্থাৎ 10 সি.সি. হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 20 সি. সি. হাইড্রোজেন ছিল এবং উহা 10 সি.সি. কার্বন ডায়কৃসাইড উৎপন্ন করিয়াছে।

বা, 1 আয়তন হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ছিল এবং উহা 1 আয়তন কার্বন ডায়কৃসাইড উৎপন্ন করিয়াছে।

ধরা যাক্, একই উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের 1 আয়তনে x সংখ্যক অণু থাকে (অ্যাভোগাড্রো)।

∴ x অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে $2x$ অণু হাইড্রোজেন ছিল এবং উহা x অণু কার্বন ডায়কৃসাইড উৎপন্ন করিয়াছে।

বা, 1 অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 2 অণু হাইড্রোজেন ছিল এবং উহা 1 অণু কার্বন ডায়কৃসাইড উৎপন্ন করিয়াছে।

কিন্তু 2 অণু হাইড্রোজেনে, হাইড্রেজেনের পরমাণু থাকে 4

এবং, 1 অণু কার্বন ডায়কৃসাইডে কার্বনের পরমাণু থাকে 1

∴ 1 অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে হাইড্রোজেনের পরমাণু ছিল 4 এবং কার্বনের পরমাণু ছিল 1।

অতএব হাইড্রোকার্বনের স্থূল সংকেত CH_4

ধরা যাক্, হাইড্রোকার্বনটির প্রকৃত সংকেত $(CH_4)_n$

প্রদত্ত হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব = 8 ; ∴ আণবিক ওজন $= 2 \times 8 = 16$

অর্থাৎ, $(CH_4)_n = 16$

বা, $(1 \times 12 + 4 \times 1)n = 16$ ∴ $n = 1$

সুতরাং হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত $= CH_4$

(2) কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 12 সি. সি.'র সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরিত করা হইলে 30 সি.সি. সংকোচন লক্ষ্য করা গেল। অবশিষ্ট গ্যাসে, KOH যোগ করিলে আরো 24 সি. সি. সংকোচন ঘটিল। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত কি ?

(জয়েণ্ট এণ্ট্রান্স : 1974)

সূত্র অনুসারে, হাইড্রোকার্বনের দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

= প্রথম সংকোচনের আয়তন + দ্বিতীয় সংকোচনের আয়তন—হাইড্রোকার্বনের আয়তন

$= (30 + 24 - 12) = 42$ সি. সি.

উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন = দ্বিতীয় সংকোচনের আয়তন = 24 সি. সি.

CO_2-এর মধ্যে, সম আয়তন অক্সিজেন থাকে ($\because$ $C + O_2 = CO_2$)

∴ উৎপন্ন CO_2-এর মধ্যে অক্সিজেনের পরিমাণ = 24 সি সি.

সুতরাং, হাইড্রোজেনের সহিত দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

$= (42-24)$ বা 18 সি. সি.

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনে বর্তমান হাইড্রোজেনের আয়তন $= 2 \times 18 = 36$ সি. সি.

অর্থাৎ 12 সি. সি. হাইড্রোকার্বনে 36 সি. সি. হাইড্রোজেন ছিল ও 24 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে

বা, 1 আয়তন হাইড্রোকার্বনে 3 আয়তন হাইড্রোজেন ছিল ও 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে

ধরা যাক, একই উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন গ্যাসে n অণু আছে (অ্যাভোগাড্রো).

অতএব, n অণু হাইড্রোকার্বনে $3n$ অণু হাইড্রোজেন ছিল ও $2n$ অণু CO_2 উৎপন্ন করিয়াছে

বা, 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 3 অণু হাইড্রোজেন ছিল ও 2 অণু CO_2 উৎপন্ন করিয়াছে

3 অণু হাইড্রোজেন ≡ 6 পরমাণু হাইড্রোজেন

2 অণু CO_2 ≡ 2 পরমাণু কার্বন

অতএব হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_2H_6.

(3) কোনো গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সম্পূর্ণ দহনের জন্য উহার আয়তনের 3 গুণ আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন, এবং দহনজাত পদার্থগুলিকে কষ্টিক পটাশের সান্নিধ্যে রাখিলে গৃহীত হাইড্রোকার্বনের আয়তনের দ্বিগুণ আয়তন সংকোচন ঘটে। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।

ধরা যাক্ গৃহীত হাইড্রোকার্বনের আয়তন x সি. সি.

$\therefore$ দহনের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন $= 3x$ সি. সি.

KOH দ্বারা সংকোচন ≡ উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন $= 2x$ সি. সি.

অতএব CO_2 উৎপন্ন করিতে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $= 2x$ সি. সি.

$(\because \; C + O_2 = CO_2)$

সুতরাং হাইড্রোজেনের সহিত দহনে " " " $= 3x - 2x = x$ সি.সি.

$\therefore$ হাইড্রোজেনের আয়তন $= 2 \times x = 2x$ সি. সি.

অএএব x সি. সি. হাইড্রোকার্বনে $2x$ সি. সি. হাইড্রোজেন ছিল ও $2x$ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে

বা, 1 আয়তন " 2 আয়তন " ছিল এবং 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে

ধরা যাক্, সম উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন গ্যাসে n সংখ্যক অণু থাকে

$\therefore$ 1 অণু হাইড্রোকার্বনে, 2 অণু হাইড্রোজেন ছিল এবং 2 অণু CO_2 উৎপন্ন করিয়াছে

2 অণু হাইড্রোজেন ≡ 4 পরমাণু হাইড্রোজেন

2 অণু CO_2 ≡ 2 পরমাণু কার্বন

অতএব হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_2H_4.

(4) 20 সি.সি. কোনো হাইড্রোকার্বনকে 66 সি.সি. অক্সিজেন যোগে বিস্ফোরিত করা হইল। বিস্ফোরণের পর শীতল গ্যাসমিশ্রের আয়তন 56 সি. সি.। ইহার পর KOH যোগ করিয়া দেখা গেল, মিশ্রের আয়তন সংকুচিত হইয়া 16 সি.সি. হইল। অবশিষ্ট গ্যাস, অক্সিজেন। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত কি ? (জয়েণ্ট এণ্ট্রান্স, '76)

প্রথম সংকোচন = 20+66−56 = 30 সি. সি.

দ্বিতীয় সংকোচন = 56−16 = 40 সি. সি.

দহনে ব্যবহৃত মোট অক্সিজেন = 66−16 = 50 সি. সি.

কার্বনের সহিত দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেন

= CO_2-এর আয়তন

= দ্বিতীয় সংকোচনের আয়তন = 40. সি. সি.

অতএব, হাইড্রোজেনের সহিত দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেন

= 50−40=10 সি. সি.

সুতরাং হাইড্রোজেনের পরিমাণ=2×10 বা 20 সি. সি.

∴ 20 সি. সি. হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 20 সি. সি. হাইড্রোজেন ছিল ও 40 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে

বা, 1 আয়তন হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 1 আয়তন হাইড্রোজেন ছিল ও 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে

ধরা যাক্ একই উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন গ্যাসে n অণু থাকে (অ্যাভোগাড্রো)

অতএব n অণু হাইড্রোকার্বনে n অণু হাইড্রোজেন ছিল ও 2 অণু CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে

বা 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 1 অণু হাইড্রোজেন ছিল ও 2 অণু CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে

1 অণু হাইড্রোজেন ≡ 2 পরমাণু হাইড্রোজেন

2 অণু CO_2 ≡ 2 পরমাণু কার্বন

∴ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_2H_2.

(5) কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 20 সি.সি.'র সহিত উপযুক্ত পরিমাণ অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরিত করার পর 60 সি.সি. সংকোচন লক্ষ্য করা গেল। হাইড্রোকার্বনটির ঘনত্ব=22। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [জয়েণ্ট এণ্ট্রান্স, 1972]

হাইড্রোকার্বনটির দহনে,

হাইড্রোজেনের সহিত দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

= প্রথম সংকোচনের আয়তন − হাইড্রোকার্বনের আয়তন

= 60 সি.সি. − 20 সি.সি. = 40 সি.সি.

$$\underset{\text{2 আয়তন}}{2H_2} + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = 2H_2O$$

সূত্রানুসারে, অক্সিজেন দ্বিগুণ আয়তনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

∴ সংযুক্ত হাইড্রোজেনের আয়তন $=2\times 40=80$ সি.সি.

20 সি.সি. হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 80 সি.সি. হাইড্রোজেন ছিল।

বা, 1 আয়তন হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 4 আয়তন হাইড্রোজেন ছিল।

ধরা যাক্, অনুরূপ উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন গ্যাসে x সংখ্যক অণু থাকে।

(অ্যাভোগাড্রো)

∴ x অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে $4x$ অণু হাইড্রোজেন ছিল

বা, 1 অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 4 অণু হাইড্রোজেন ছিল।

বা, 1 অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে 8 পরমাণু হাইড্রোজেন ছিল।

[∵ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক]

ধরা যাক্, হাইড্রোকার্বনে, C-পরমাণুর সংখ্যা n

অতএব হাইড্রোকার্বনের সংকেত $=C_nH_8$

হাইড্রোকার্বনের প্রদত্ত বাষ্পঘনত্ব $=22$

∴ হাইড্রোকার্বনের আণবিক ওজন $=2\times 22$ বা, 44

অর্থাৎ, $C_nH_8=44$ বা $n\times 12+8\times 1=44$ বা, $n=3$.

সুতরাং, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত $=C_3H_8$.

(6) নিম্নলিখিত পরীক্ষাফলগুলি হইতে নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর—

গৃহীত নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন = 10 সি. সি.

গৃহীত গ্যাসে হাইড্রোজেন যুক্ত করার পর আয়তন = 28 সি. সি.

গ্যাসমিশ্র বিস্ফোরিত করার পর আয়তন = 18 সি. সি.

বিস্ফোরিত করার পর গ্যাসমিশ্রে অক্সিজেন যুক্ত করার পর আয়তন = 27 সি. সি.

দ্বিতীয় বার বিস্ফোরিত করার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন = 15 সি. সি.

[সকল গ্যাস-আয়তনই N. T. P'তে নিরূপিত হইয়াছে] [ক. বি—মাধ্যমিক]

[এই সমস্যাটি সমাধানের পূর্বে বিক্রিয়াগুলি অনুধাবন করা প্রয়োজন। নাইট্রাস অক্সাইড—নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ; ইহাতে হাইড্রোজেন যোগ করিয়া বিস্ফোরিত করিলে, অক্সিজেন অংশ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল করে, নাইট্রোজেন অবিকৃত থাকে। অতএব প্রথম বিস্ফোরণের পর উৎপন্ন গ্যাস—নাইট্রোজেন ও অতিরিক্ত হাইড্রোজেন।

এই মিশ্রে অক্সিজেন যোগ করিয়া বিস্ফোরিত করিলে, অক্সিজেন অংশ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল করে ও নাইট্রোজেন অবিকৃত থাকে। অতএব দ্বিতীয় বিস্ফোরণের পর, গ্যাসমিশ্রে নাইট্রোজেন ও অতিরিক্ত অক্সিজেন থাকে।]

দ্বিতীয়বার বিস্ফোরণের কালে সংকোচনের পরিমাণ $=27-15$ বা 12 সি. সি.; জল উৎপন্ন হওয়ার জন্য এই সংকোচন হইয়াছে।

এই সংকোচনের আয়তন $\times \frac{2}{3}$ = হাইড্রোজেনের আয়তন

এবং এই " " $\times \frac{1}{3}$ = অক্সিজেনের আয়তন

অতএব, হাইড্রোজেনের আয়তন ছিল $= 12 \times \frac{2}{3} = 8$ সি. সি.

অক্সিজেনের আয়তন ছিল $= 12 \times \frac{1}{3} = 4$ সি. সি.

মোট ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ $= 27 - 18 = 9$ সি. সি.

হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ $= 4$ সি. সি.

অতএব, অতিরিক্ত অব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ $= (9-4)$ বা 5 সি.সি.

অবশিষ্ট গ্যাসের (N_2 ও অতিরিক্ত অক্সিজেন) পরিমাণ $= 15$ সি.সি.

∴ **নাইট্রোজেনের পরিমাণ** $= (15-5)$ বা 10 সি. সি.

আবার, প্রথম বিস্ফোরণের শেষে যে অতিরিক্ত হাইড্রোজেন ছিল (উহাই অক্সিজেনের সহিত বিস্ফোরণে জল করিয়াছে) উহার পরিমাণ $= 8$ সি.সি.

মোট ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের পরিমাণ $= (28-10)$ বা 18 সি.সি.

অতএব, প্রথম বিস্ফোরণের কালে ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের পরিমাণ

$= (18-8)$ বা 10 সি.সি.

অতএব প্রথম বিস্ফোরণে হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের আয়তন

$= \frac{1}{2} \times 10$ বা 5 সি.সি. $(\because 2H_2 + O_2 = 2H_2O)$

এই অক্সিজেন, নাইট্রাস অক্সাইডের অক্সিজেন অংশ।

∴ নাইট্রাস অক্সাইডে, **অক্সিজেনের পরিমাণ** $= 5$ সি. সি.

অতএব 10 সি.সি. নাইট্রাস অক্সাইডে 10 সি.সি. নাইট্রোজেন ও 5 সি.সি. অক্সিজেন ছিল।

বা 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 1 আয়তন নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ আয়তন অক্সিজেন ছিল।

ধরা যাক্ 1 আয়তন গ্যাসে N.T.P.'তে n অণু থাকে (অ্যাভোগাড্রো)

∴ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে 1 অণু নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন ছিল

বা 1 অণু " " 2 পরমাণু " ও 1 পরমাণু " "

সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত $= N_2O$.

(7) 10 সি. সি. নাইট্রাস অক্সাইডকে কোন পরিমাণ 'তড়িৎ বিশ্লেষণজাত গ্যাসের' (electrolytic gas) সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরিত করা হইল : শীতল করার পর গ্যাসমিশ্রের আয়তন হইল 15 সি.সি.। এই মিশ্রে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ যোগ করার পর অবশিষ্ট গ্যাসের (নাইট্রোজেন) আয়তন হইল 10 সি.সি.। নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত কি?

[প্রদত্ত সমস্যায়—'তড়িৎ বিশ্লেষণজাত গ্যাস' বলিতে জলের তড়িৎ বিশ্লেষণজাত অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের (আয়তনিক অনুপাত 1 : 2) বুঝায়। আবার প্রদত্ত সমস্যায় যে ক্ষারীয় পাই রোগ্যালেট ব্যবহৃত হইয়াছে উহা অক্সিজেন গ্যাসের শোষক।

নাইট্রাস অক্সাইড—নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ। ইহার সহিত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত করিয়া বিস্ফোরিত করিলে, হাইড্রোজেন অংশ, নাইট্রাস অক্সাইডের অক্সিজেন অংশের সহিত যুক্ত হইয়া জল করে। বিস্ফোরণের পর নাইট্রোজেন ও অতিরিক্ত অক্সিজেন পড়িয়া থাকে।]

ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ যোগ করার আগে গ্যাসমিশ্রের আয়তন = 15 সি.সি.

,, ,, ,, ,, ,, পরে ,, ,, = 10 সি.সি.

অতএব, শোষিত (অতিরিক্ত) অক্সিজেনের আয়তন = 15 − 10 = 5 সি.সি.

এই 5 সি.সি. অক্সিজেন তড়িৎবিশ্লেষণজাত গ্যাসের অক্সিজেন।

অতএব উহার সহিত সংশ্লিষ্ট হাইড্রোজেন ছিল = 2 × 5 = বা 10 সি.সি.

এই 10 সি.সি. হাইড্রোজেন নাইট্রাস অক্সাইডের অক্সিজেন অংশের সহিত প্রথম বিস্ফোরণকালে যুক্ত হইয়াছে।

অতএব নাইট্রাস অক্সাইড হইতে প্রাপ্ত অক্সিজেনের পরিমাণ = $\frac{1}{2} \times 10 = 5$ সি.সি.

$(\because 2H_2 + O_2 = 2H_2O)$

সুতরাং 10 সি.সি. নাইট্রাস অক্সাইডে 10 সি.সি. নাইট্রোজেন ও 5 সি.সি. অক্সিজেন ছিল।

বা, 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 1 আয়তন নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ আয়তন অক্সিজেন ছিল।

ধরা যাক্ সম উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন গ্যাসে n অণু থাকে (অ্যাভোগাড্রো)

$\therefore$ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে 1 অণু নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন ছিল।

বা 1 ,, ,, ,, 2 পরমাণু ,, ও 1 পরমাণু ,, ,,

সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত—N_2O.

শতকরা সংযুতি

(Percentage composition)

100 ভাগ পদার্থে মৌল বা যৌগ পদার্থ যে পরিমাণে বর্তমান থাকে উহাকে মৌল বা যৌগের **শতকরা মাত্রা** বলা হয়। সাধারণত, কঠিন বা তরলের ক্ষেত্রে শতকরা মাত্রা ওজন অনুপাতে (by weight) এবং গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে শতকরা মাত্রা আয়তন অনুপাতে (by volume) প্রকাশ করা হয়।

ওজন অনুপাতে শতকরা মাত্রা, পদার্থটির আণবিক সংকেত ও মৌলগুলির পারমাণবিক ভরগুলি জানা থাকিলে সহজেই গণনা করা যায়। যেমন—

জলের আণবিক সংকেত, H_2O

জলের আণবিক ওজন, $(2 \times 1 + 1 \times 16) = 18$

গ্রামকে একক ধরিলে 18 গ্রাম জলে 2 গ্রাম H ও 16 গ্রাম O আছে।

অতএব, গ্রামকে একক ধরিলে 100 গ্রাম জলে $\frac{2}{18} \times 100$ গ্রাম H এবং $\frac{16}{18} \times 100$ গ্রাম O আছে।

বা, H-এর শতকরা মাত্রা $= \frac{2}{18} \times 100 = 11{\cdot}11\%$

O-এর শতকরা মাত্রা $= \frac{16}{18} \times 100 = 88{\cdot}88\%$

অনুরূপভাবে, যৌগের মধ্যে ক্ষুদ্রতর যৌগ বা যৌগাংশের গণনাও করা যায়। যেমন, $CuSO_4, 5H_2O$ বা ব্লু-ভিট্রিয়ল (Blue-Vitriol)-এর মধ্যে কেলাস জলের (water of crystallisation) শতকরা মাত্রা কি ?

ব্লু-ভিট্রিয়লের আণবিক সংকেত, $CuSO_4, 5H_2O$

ব্লু-ভিট্রিয়লের আণবিক ওজন, $(63{\cdot}5+32+4\times16)+5(2\times1+1\times16)$

$$=159{\cdot}5+90=249{\cdot}5$$

গ্রামকে একক ধরিলে,

249·5 গ্রাম ব্লু-ভিট্রিয়লে 90 গ্রাম কেলাস জল আছে।

$\therefore$ 100 গ্রাম ব্লু-ভিট্রিয়লে $\frac{100\times90}{249{\cdot}5}$ বা 36·07 গ্রাম কেলাস জল আছে।

অতএব ব্লু-ভিট্রিয়লে কেলাস জলের শতকরা মাত্রা 36·07%।

● শতকরা মাত্রা সংযুতি ও যৌগের স্থূল সংকেত :

যৌগের আণবিক সংকেত এবং উহার উপাদান মৌলগুলি যৌগের মধ্যে যে যে পরমাণু সংখ্যায় বর্তমান তাহা জানা থাকিলে যেমন মৌলগুলির শতকরা সংযুতি নির্ণয় করা যায়, বিপরীতক্রমে কোন অজ্ঞাত সংকেত যৌগে মৌলগুলির শতকরা সংযুতি ও মৌলগুলির যথাক্রমিক পারমাণবিক ওজনগুলি জানা থাকিলে যৌগটির 'স্থূল সংকেত' (empirical formula) নির্ণয় করা যায়।

অজ্ঞাত-সংকেত যৌগে মৌলগুলির শতকরা মাত্রাকে উহাদের যথাক্রমিক পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে যৌগের এক অণুতে বর্তমান মৌলগুলির যথাক্রমিক পরমাণু সংখ্যাগুলি পাওয়া যায়।

ধরা যাক্, A ও B দুইটি মৌল এবং একটি অজ্ঞাত সংকেত যৌগে ইহাদের মাত্রা পাওয়া গেল $A=m\%$, $B=n\%$ এবং A মৌলটির পারমাণবিক ওজন$=a$, B মৌলটির পারমাণবিক ওজন$=b$।

এখন যৌগটির সংকেত যদি A_xB_y হয়, তবে যৌগে A'র ওজন $x\times a$ এবং B'র ওজন $y\times b$; অতএব A এবং B'র ওজনের অনুপাত $xa:yb$, এই অনুপাত অবশ্যই $m:n$ অনুপাতের সমান হইবে।

$$xa:yb::m:n$$

$$\text{বা,}\quad x:y=\frac{m}{a}:\frac{n}{b}$$

সুতরাং যৌগে বর্তমান A'র পরমাণু সংখ্যা $(x)=\dfrac{A\text{-র শতকরা মাত্রা }(m)}{A\text{-র পারমাণবিক ওজন }(a)}$

এবং B'র পরমাণু সংখ্যা $(y)=\dfrac{B\text{-এর শতকরা মাত্রা }(n)}{B\text{-র পারমাণবিক ওজন }(b)}$

এইভাবে নির্ণীত মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার ভিত্তিতে যৌগের যে অণুর সংকেত পাওয়া যায়, উহাকে যৌগের **আপাত** বা **স্থূল সংকেত** বলা হয়।

অনেক সময় গণনাতে এইভাবে নির্ণীত পরমাণু সংখ্যাগুলি ভগ্নাংশ হয়। কিন্তু পরমাণু-তত্ত্বানুযায়ী, পরমাণু অবিভাজ্য। সেক্ষেত্রে প্রাপ্ত ক্ষুদ্রতম পরমাণু সংখ্যাটির দ্বারা, অন্য পরমাণু সংখ্যাকে ভাগ করা হয় এবং ভাগফলগুলি পরমাণু সংখ্যাগুলির অনুপাত নির্দেশ করে। যদি ভাগ করার পরেও পরমাণু সংখ্যাগুলিতে ভগ্নাংশ বর্তমান থাকে তখন উহাকে সাধারণ কোন গুণনীয়ক যোগে গুণ করিয়া পূর্ণসংখ্যায় পরিণত করা হয়। ঐ পূর্ণসংখ্যাগুলি, যৌগে বর্তমান মৌলগুলির যথাক্রমিক পরমাণু সংখ্যার সঠিক অনুপাত।

উদাহরণ: একটি যৌগে H—1·59%, N—22·22% এবং O—76·19% আছে। যৌগ পদার্থটির স্থূল সংকেত কি?

যৌগে বর্তমান মৌল	শতকরা ওজন	শতকরা ওজন ÷ পারমাণবিক ওজন	মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত	পরমাণু সংখ্যা অনুপাত-গুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া
H	1·59	1·59 ÷ 1 = 1·59	1·59	1
N	22·22	22·22 ÷ 14 = 1·58	1·58	1
O	76·19	76·19 ÷ 16 = 4·76	4·76	3

∴ যৌগে H, N ও O-এর পরমাণু সংখ্যার যথাক্রমিক অনুপাত 1 : 1 : 3 বা যৌগটির স্থূল সংকেত HNO_3।

● **স্থূল সংকেত ও যথার্থ আণবিক সংকেত** (Empirical formula and Molecular formula):

স্থূল সংকেতে, যৌগের অণুতে কি কি মৌল বর্তমান আছে এবং বর্তমান মৌলগুলি কোন্ কোন্ পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে থাকে তাহাই জানা যায়। অনেকক্ষেত্রে যৌগের একটি প্রকৃত অণুতে, স্থূল সংকেতে মৌলগুলির পরমাণু যে অনুপাতে থাকে তাহার গুণিতক হিসাবেও থাকিতে পারে। যৌগের স্থূল সংকেতের যথার্থ গুণিতক যোগে **যৌগের 1টি প্রকৃত অণুতে বর্তমান বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলির প্রকৃত সংখ্যাগুলি যে সংকেতে পাওয়া যায় উহাকে যৌগের যথার্থ আণবিক সংকেত বলা হয়।**

উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেন পারক্সাইডের মধ্যে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের শতকরা সংযুতি হইতে যে সংকেত পাওয়া যায় উহা হইতে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রকৃত সংকেত HO, H_2O_2 বা $(HO)_2$, H_3O_3 বা $(HO)_3$, H_4O_4 বা $(HO)_4$ প্রভৃতির যে-কোন একটি হইতে পারে; কারণ প্রত্যেকটিতে পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে H : O :: 1 : 1। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের যথার্থ সংকেত

নিরূপণ করিতে হইলে উপরের নানা সম্ভাব্য সংকেতের মধ্যে বিশেষ কোন্‌টি হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরীক্ষালব্ধ আণবিক ওজনের সহিত সঙ্গতি রক্ষা করে তাহা দেখিতে হইবে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের যথার্থ সংকেত HO হইলে আণবিক ওজন হইবে 9 ; হাইড্রোজেন পারক্সাইডের যথার্থ সংকেত H_2O_2 হইলে আণবিক ওজন হইবে 18 ; হাইড্রোজেন পারক্সাইডের যথার্থ সংকেত H_3O_3 হইলে আণবিক ওজন হইবে 27 ; হাইড্রোজেন পারক্সাইডের যথার্থ সংকেত H_4O_4 হইলে আণবিক ওজন হইবে 36।

এখন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রকৃত আণবিক ওজন = 18।

অতএব হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রকৃত সংকেত $= (HO)_2 = H_2O_2$

সুতরাং স্থূল সংকেতের সহিত আণবিক ওজনের সামঞ্জস্য করিয়া তবেই প্রকৃত সংকেত নিরূপণ হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) পটাস অ্যালামে'র (potash alum) মধ্যে অ্যালুমিনিয়াম, সালফেট (SO_4) ও কেলাস জলের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [H. S. 1968]

পটাশ অ্যালামের আণবিক সংকেত : $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$.

" " " ওজন $= 2 \times 39 + 32 + 4 \times 16 + 2 \times 27 + 3(32 + 4 \times 16) + 24(2 + 16)$

$= 948$

$\therefore$ Al এর শতকরা মাত্রা $= \frac{54 \times 100}{948} = 5{\cdot}69$

SO_4 এর শতকরা মাত্রা $= \frac{384 \times 100}{948} = 40{\cdot}51$

কেলাস জলের শতকরা মাত্রা $= \frac{432 \times 100}{948} = 45{\cdot}67$

(2) সোডিয়াম কার্বনেটের সোদক কেলাসের ($Na_2CO_3, 10H_2O$) এর মধ্যে (i) অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট (ii) কেলাস জল এবং (iii) Na_2O-এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের মধ্যে Na_2O এর শতকরা মাত্রা কত ?

(i) সোদক সোডিয়াম কার্বনেট কেলাসের সংকেত : $Na_2CO_3, 10H_2O$

" " " " আণবিক ওজন = 286

অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের আণবিক ওজন = 106

$10H_2O$ এর " " = 180

$\therefore$ অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের শতকরা মাত্রা $= \frac{106 \times 100}{286} = 37{\cdot}06$

(ii) কেলাস জলের শতকরা মাত্রা $= \frac{180 \times 100}{286} = 62{\cdot}94$

(iii) আবার $Na_2CO_3, 10H_2O = Na_2O + CO_2 + 10H_2O$

286 গ্রাম ≡ 62 গ্রাম

$\therefore$ Na_2O এর শতকরা মাত্রা $= \frac{62 \times 100}{286} = 21{\cdot}68$

অনার্দ্র Na_2CO_3 এর মধ্যে Na_2O এর পরিমাণ নির্ণয়ে—

$Na_2CO_3 = Na_2O + CO_2$

106 গ্রাম ≡ 62 গ্রাম

$\therefore$ অনার্দ্র Na_2CO_3 এর মধ্যে Na_2O এর শতকরা মাত্রা

$= \frac{62 \times 100}{106} = 58{\cdot}49.$

(3) কোন একটি যৌগের 1 গ্রামের মধ্যে 0·262 গ্রাম নাইট্রোজেন, 0·075 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 0·663 গ্রাম ক্লোরিন আছে ? যৌগটির সরলতম সংকেত কি ?

[H. S. Comp. 1962]

যৌগে বর্তমান মৌল	শতকরা ওজন	শতকরা ওজন ÷ পারমাণবিক ওজন	মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত-গুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া
N	26·2	26·2 ÷ 14 = 1·87	1·87	1·87/1 87 = 1
H	7·5	7·5 ÷ 1 = 7·50	7·50	7·50/1·87 = 4
Cl	66·3	66·3 ÷ 35·5 = 1·87	1·87	1·87/1·87 = 1

$\therefore$ যৌগে N, H ও Cl-এর পরমাণু-সংখ্যার যথাক্রমিক অনুপাত 1 : 4 : 1

অতএব, যৌগটির সরলতম সংকেত NH_4Cl

(4) কোন যৌগের বিশ্লেষণ ফল : $Mg=9.75\%$, $S=13\%$, $O=71.55\%$ এবং $H-5.7\%$। যৌগটিতে H অংশ, কেলাস জলরূপে বর্তমান আছে এই সর্তে, যৌগটির সংকেত নির্ণয় কর।

যৌগে বর্তমান মৌল	শতকরা ওজন	শতকরা ওজন ÷ পারমাণবিক ওজন	মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত-গুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া
Mg	9·75	$9.75 \div 12 = 0.406$	0·406	$0.406/0.406=1$
S	13·00	$13.00 \div 32 = 0.406$	0·406	$0.406/0.406=1$
O	71·55	$71.55 \div 16 = 4.471$	4·471	$4.471/0.406=11$
H	5·77	$5.77 \div 1 = 5.770$	5·770	$5.770/0.406=14$

অতএব, যৌগটির স্থূল সংকেত = $MgSO_{11}H_{14}$.

এখন 14টি H পরমাণু কেলাস জলরূপে থাকিতে গেলে 7টি O-পরমাণু প্রয়োজন ও 7টি কেলাসজল (H_2O) হয় ; অতএব মোট অক্সিজেন পরমাণু (11 − 7) বা 4টি পৃথকরূপে থাকে।

স্থতরাং যৌগটির নির্ণেয় সংকেত = $MgSO_4, 7H_2O$.

(5) কোন খনিজের বিশ্লেষণ ফল : $Al_2O_3-38.41\%$, $K_2O-12.10\%$ $SiO_2-45.07\%$, $H_2O-4.42\%$। খনিজটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

	Al_2O_3	K_2O	SiO_2	H_2O
আণবিক ওজন	102	94	60	18

খনিজে উপাদান যৌগ	শতকরা ওজন	শতকরা ওজন ÷ যৌগের আণবিক ওজন	যৌগগুলির অণুগুলির অনুপাত	অণু সংখ্যার অনুপাত-গুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া
Al_2O_3	38·41	$38.41 \div 102 = 0.376$	0·376	$0.376/0.128=2.93$
K_2O	12·10	$12.10 \div 94 = 0.128$	0·128	$0.128/0.128=1.00$
SiO_2	45·07	$45.07 \times 60 = 0.751$	0·751	$0.751/0.128=5.86$
H_2O	4·42	$4.42 \div 18 = 0.245$	0·245	$0.245/0.123=1.91$

অতএব, যৌগগুলির অণুর অনুপাত

$Al_2O_3 : K_2O : SiO_2 : H_2O = 2.93 : 1.00 : 5.86 : 1.91$

$= 3 : 1 : 6 : 2$ (নিকটতম পূর্ণ সংখ্যা ধরিয়া)

স্থতরাং খনিজটির স্থূল সংকেত : $K_2O, 3Al_2O_3, 6SiO_2, 2H_2O$.

(6) কোন ধাতুর দুইটি অক্সাইডের মধ্যে যথাক্রমে 27·6% এবং 30% অক্সিজেন আছে। যদি প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_3O_4 হয় দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত নির্ণয় কর।

প্রথম অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন 27·6

সুতরাং ধাতুর ওজন (100 − 27·6) বা 72·4

দ্বিতীয় অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন 30

সুতরাং ধাতুর ওজন (100 − 30) বা 70

ধরা যাক, ধাতুটির পারমাণবিক ওজন $= x$

প্রথম অক্সাইডে,

$$\text{ধাতুর পরমাণু সংখ্যা} = \frac{\text{ধাতুর শতকরা মাত্রা}}{\text{ধাতুর পারমাণবিক ওজন}} = \frac{72{\cdot}4}{x}$$

$$\text{অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা} = \frac{\text{অক্সিজেনের শতকরা মাত্রা}}{\text{অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন}} = \frac{27{\cdot}6}{16}$$

প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_3O_4

$$\therefore \quad \frac{72{\cdot}4}{x} : \frac{27{\cdot}6}{16} :: 3 : 4 \text{ বা, } x = 55{\cdot}97.$$

দ্বিতীয় অক্সাইডে, ধাতুর পরমাণু সংখ্যা

$$= \frac{\text{ধাতুর শতকরা মাত্রা}}{\text{ধাতুর পারমাণবিক ওজন}} = \frac{70}{55{\cdot}97} = 1{\cdot}25$$

$$\text{অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা} = \frac{\text{অক্সিজেনের শতকরা মাত্রা}}{\text{ধাতুর পারমাণবিক ওজন}} = \frac{30}{16} = 1{\cdot}87$$

উপরের পরমাণু সংখ্যাগুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 1·25 দ্বারা ভাগ করিয়া,

ধাতুর পরমাণু সংখ্যা $= \frac{1{\cdot}25}{1{\cdot}25} = 1$	2 দ্বারা গুণ করিয়া পূর্ণ সংখ্যা পাওয়া যায়	2
অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা $= \frac{1{\cdot}87}{1{\cdot}25} = 1{\cdot}5$		3

অতএব, দ্বিতীয় যৌগিকের সংকেত M_2O_3

(7) একটি মৌল *E* দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড *A* ও *B* উৎপন্ন করে ; এই দুইটি হাইড্রাইড যৌগে *E*'র শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 75 এবং 80 এবং উহাদের বাষ্পঘনত্ব যথাক্রমে 8 এবং 15। *A* যৌগের মধ্যে *E*'র একটি পরমাণু বর্তমান আছে, ধরিয়া লইয়া—(i) *E*'র পারমাণবিক ওজন ও (ii) *A* এবং *B*'র সংকেত নির্ণয় কর।

[H. S. 1964]

(i)

হাইড্রাইড	ঘনত্ব	আণবিক ওজন	*E*'র শতকরা মাত্রা
A	8	2×8 = 16	75
B	15	2×15 = 30	80

অতএব, A যৌগের আণবিক ওজনে E'র পরিমাণ $=\frac{75\times16}{100}=12$

B " " " E'র " $=\frac{80\times30}{100}=24.$

A যৌগের 1 অণুতে, 1 পরমাণু E মৌল আছে
সুতরাং E মৌলের পারমাণবিক ওজন—12

(ii) A যৌগে :—

মৌল	শতকরা ওজন	শতকরা ওজন ÷ পারমাণবিক ওজন	E ও H'এর পরমাণু সংখ্যার অনুপাত	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত-গুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া
E	75	$75\div12=6{\cdot}25$	6·25	$6{\cdot}25\div6{\cdot}25=1$
H	25	$25\div1=25$	25	$25\div6{\cdot}25=4$

অতএব, A যৌগের স্থূল সংকেত $=EH_4$

A যৌগের আণবিক ওজন $=2\times8=16$

ধরা যাক্ A যৌগের প্রকৃত সংকেত $(EH_4)_n$

$\therefore\ (EH_4)_n=16$, বা $(12+4\times1)n=16$

$\therefore\ n=1$

অতএব, A যৌগের প্রকৃত সংকেত $=EH_4$.

B যৌগে :—

মৌল	শতকরা ওজন	শতকরা ওজন ÷ পারমাণবিক ওজন	E ও H'এর পরমাণু সংখ্যার অনুপাত	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত-গুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া
E	80	$80\div12=6{\cdot}67$	6·67	$6{\cdot}67\div6{\cdot}67=1$
H	20	$20\div1=20{\cdot}0$	20·0	$20\div6{\cdot}67=3$ (প্রায়)

অতএব, B যৌগের স্থূল সংকেত $=EH_3$

B যৌগের আণবিক ওজন $=2\times15=30$

B যৌগের প্রকৃত সংকেত $=(EH_3)n$

$\therefore\ (EH_3)n=30$

বা $(12+3\times1)n=30$,

বা $15n=30$ বা, $n=2$

অতএব B যৌগের প্রকৃত সংকেত $=E_2H_6$.

আণবিক ওজন ও বাষ্প ঘনত্ব

(Molecular Weight and Vapour Density)

পদার্থের আণবিক ওজনের সহিত উহার বাষ্প-ঘনত্বের একটি সম্পর্ক আছে।

উদ্বায়ী (volatile) তরল পদার্থ ও গ্যাসীয় পদার্থ, বাষ্প বা গ্যাসীয় অবস্থায়, একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন হাইড্রোজেনের তুলনায় যতক্ষণ ওজনে ভারী, ঐ অনুপাতকে তাহার বাষ্প-ঘনত্ব বলা হয়।

$$\text{বাষ্প ঘনত্ব} = \frac{x \text{ আয়তন গ্যাসের ওজন}}{x \text{ আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad [\text{ একই উষ্ণতা ও চাপে }]$$

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রসংগে আলোচনায় দেখানো হইয়াছে—

এই সূত্রটি আণবিক ওজনের পরিমাণ নির্ণয় এবং পদার্থের অজ্ঞাত সংকেত নির্ণয়ে বিশেষ সহায়ক।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) একটি যৌগের বিশ্লেষণের ফলে C—92·4% এবং H—7·6% পাওয়া গেল। যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব 39. যৌগটির স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

যৌগটিতে, C—92·4% ; H—7·6%

শতকরা মাত্রাগুলিকে যথাক্রমিক পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিয়া যৌগটিতে C-এর পরমাণু সংখ্যা $\frac{92{\cdot}4}{12} = 7{\cdot}7$ এবং H-এর পরমাণু সংখ্যা $\frac{7{\cdot}6}{1} = 7{\cdot}6$।

পূর্বলব্ধ পরমাণু সংখ্যার প্রত্যেকটিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 7·6 দ্বারা ভাগ করিয়া C-এর পরমাণু সংখ্যা $= \frac{7{\cdot}7}{7{\cdot}6} = 1{\cdot}00$ (প্রায়) এবং H-এর পরমাণু সংখ্যা $= \frac{7{\cdot}6}{7{\cdot}6} = 1$

অতএব যৌগটির স্থূল সংকেত CH.

ধরা যাক, যৌগটির আণবিক সংকেত $(CH)_n$

এখন যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব 39

অতএব যৌগটির আণবিক ওজন $(2 \times 39) = 78$

সুতরাং আণবিক ওজনের বিচারে $(CH)_n = 78$

[এখন, C-এর পারমাণবিক ওজন 12, H-এর পারমাণবিক ওজন 1]

$\therefore \quad (1 \times 12 + 1 \times 1)_n = 78$

বা, $13n = 78$ বা, $n = 6$

অতএব যৌগটির আণবিক সংকেত $(CH)_6$ বা C_6H_6.

(2) একটি যৌগের ওজনমাত্রিক বিশ্লেষণ ফল : H—1·59%, C—76·09% ; N—22·32% । 100°C উষ্ণতা ও 740 মি. মি. চাপে যৌগটির গ্যাসীয় অবস্থায় আয়তন 467·7 মি. লি. এবং ওজন 0·939 গ্রাম। যৌগটির সংকেত কি ?

[H. S. 1970]

যৌগে বর্তমান মৌল	শতকরা ওজন	শতকরা ওজন ÷ পারমাণবিক ওজন	মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত-গুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া
H	1·59	1·59 ÷ 1 = 1·59	1·59	1
O	76·09	76·09 ÷ 16 = 4·75	4·75	3
N	22·32	22·32 ÷ 14 = 1·59	1·59	1

অতএব যৌগটির স্থূল সংকেত = HNO_3

100°C উষ্ণতা ও 740 মি. মি. চাপে গ্যাসীয় যৌগের আয়তন = 467·7 মি.লি.
0° ,, ,, ও 760 ,, ,, ,, ,, ,, = x ,,

P_1 = 740 মি. মি. P_2 = 760 মি. মি.
V_1 = 467·7 সি. সি. V_2 = x সি. সি.
T_1 = (100+273)°A T_2 = 273°A.

$$\frac{740 \times 467{\cdot}7}{373} = \frac{760 \times x}{273}$$

বা, $x = \dfrac{740 \times 467{\cdot}7 \times 273}{760 \times 373}$ সি. সি. = 333·4 সি. সি.

N. T. P'তে 333·4 সি. সি. গ্যাসের ওজন = 0·939 গ্রাম

$\therefore$,, ,, 22400 ,, ,, ,, $= \dfrac{22400 \times 0{\cdot}939}{333{\cdot}4}$

= 63·1 গ্রাম

অতএব গ্যাসটির আণবিক ওজন = 63·1

ধরা যাক্ গ্যাসটির প্রকৃত সংকেত $(HNO_3)_x$

$\therefore \ (HNO_3)_x = 63{\cdot}1$

বা $(1+14+3\times16)x = 63{\cdot}1$

$\therefore \ x = 1$

সুতরাং গ্যাসটির প্রকৃত সংকেত = HNO_3.

অনুশীলনী

1. কোন নাইট্রিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·522। এই অ্যাসিডের 200 সি. সি.'র ওজন কত? ওজন অনুসারে 100 গ্রাম অ্যাসিড লইতে গেলে কত আয়তন অ্যাসিড লওয়া প্রয়োজন?

[*Ans* : 304·4 গ্রাম ; 65·7 সি. সি.]

2. সাধারণ নাইট্রিক অ্যাসিডে ওজন অনুপাতে 65% অ্যাসিড থাকে। প্রতি সি. সি.'তে 0·63 গ্রাম বিশুদ্ধ অ্যাসিড থাকিবে এই শর্তে 1 লিটার অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে, কত সাধারণ অ্যাসিড লাগিবে?

[*Ans* : 969·23 গ্রাম]

3. এক লিটার সমুদ্রজল (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·03) বাষ্পীভবনের ফলে 36·4 গ্রাম লবণ অবশেষরূপে পাওয়া গেল। সমুদ্র জলে, ওজন অনুপাতে লবণের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [*Ans* : 3·53%]

4. (i) 111 গ্রাম $CaCO_3$-কে HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া অবশেষরূপে কত গ্রাম কঠিন পদার্থ পাওয়া যাইবে? পদার্থটি কি?

(ii) 44 গ্রাম Fe_2O_3-কে HNO_3 দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া অবশেষরূপে কত গ্রাম কঠিন পদার্থ পাওয়া যাইবে? পদার্থটি কি? [*Ans* : (i) 123·2 গ্রাম $CaCl_2$; (ii) 133·1 গ্রাম $Fe(NO_3)_3$]

5. 3·3 গ্রাম অ্যামোনিয়াম সালফেটকে অতিরিক্ত কলিচুনের $[Ca(OH)_2]$ সহিত উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যাইবে? প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ঐ অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

[*Ans* : 0·85 গ্রাম ; 1·12 লিটার]

6. কোন সালফিউরিক অ্যাসিডের 40 সি. সি. দ্রবণের মধ্যে 2 গ্রাম জিংক যোগ করিয়া, বিক্রিয়ার শেষে দেখা গেল 0·7 গ্রাম জিংক অদ্রবীভূত রহিয়াছে। ঐ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 1 লিটারের মধ্যে কত ওজন H_2SO_4 ছিল? [*Ans* : 49 গ্রাম]

7. কোন অ্যামোনিয়া দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·880 এবং উহাতে ওজন অনুপাতে 36% অ্যামোনিয়া (NH_3) আছে ; ঐ অ্যামোনিয়া দ্রবণের 1 লিটার হইতে H_2SO_4 যোগে প্রশমন করিয়া কি পরিমাণ অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন করা যাইবে? [*Ans* : 1230 গ্রাম]

8. কোন মার্বেল পাথরের ($CaCO_3$) নমুনা লইয়া, উহার 2 গ্রাম উত্তপ্ত করিয়া 1 গ্রাম পাথুরে চুন (CaO) পাওয়া গেল। ঐ মার্বেল পাথর নমুনাটির শতকরা বিশুদ্ধতা কত? [*Ans* : 89·28%]

9. সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও সোডিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্র আছে। উহার 5 গ্রামকে উত্তপ্ত করিয়া 3·45 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া গেল। মিশ্রটির মধ্যে সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও সোডিয়াম কার্বনেটের মাত্রা নির্ণয় কর।

[সংকেত : সোডিয়াম বাইকার্বনেট উত্তাপে বিযোজিত হয়—

$$2NaHCO_2 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

ধরা যাক্ মিশ্রে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ $= x$ গ্রাম

$\therefore$ মিশ্রে Na_2CO_3-এর পরিমাণ $= 5 - x$ গ্রাম···]

[*Ans* : 84% $NaHCO_3$; 16% Na_2CO_3]

10. 3·2 গ্রাম অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে কত গ্রাম $KClO_3$ উত্তপ্ত করা প্রয়োজন? উৎপন্ন KCl-এর ওজন কত? [*Ans* : 8·166 গ্রাম : 4·966 গ্রাম]

11. 16 গ্রাম অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে নীচের পদার্থগুলির প্রত্যেকটিতে কত পরিমাণ উত্তপ্ত করা প্রয়োজন—

(i) রেড লেড, (ii) পটাশিয়াম পার্মাংগানেট, (iii) সোডিয়াম নাইট্রেট এবং (iv) লেড নাইট্রেট।

[Pb=208 ; Mn=55]

[সংকেত : অক্সিজেন অধ্যায়ে প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলি পাওয়া যাইবে।]

[*Ans* : (i) 685 গ্রাম (ii) 158 গ্রাম (iii) 85 গ্রাম (iv) 331 গ্রাম]

12. 20 গ্রাম সালফার ও 42 গ্রাম জিংকের বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ জিংক সালফাইড উৎপন্ন হইবে ?

[*Ans* : 60·81 গ্রাম]

13. 2·5 গ্রাম MnO_2-কে অতিরিক্ত মাত্রার গাঢ় HCl এতে উত্তপ্ত করিয়া যে ক্লোরিন পাওয়া গেল, উহাকে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে চালিত করিলে, কত গ্রাম আয়োডিন উৎপন্ন হইবে ?

[সংকেত : $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$] [*Ans* : 7·298 গ্রাম]

14. কিউপ্রাস অক্সাইড ও কিউপ্রিক অক্সাইডের একটি মিশ্রে, কপারের পরিমাণ 88%। মিশ্রটির উপাদান নির্ণয় কর। [*Ans* : Cu_2O—90%, CuO—10%]

15. একটি কয়লার উপাদান : C—85%, H—5%, O—10%। এই কয়লার 1·5 গ্রাম CO_2-হীন বায়ুতে পূর্ণ দহন করিয়া যে উৎপন্ন পদার্থগুলি পাওয়া গেল, ঐগুলিকে যথাক্রমে একটি $CaCl_2$ পূর্ণ U-নল ও সোডালাইম পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করা হইল। নল দুইটির ওজনের কি পরিবর্তন ঘটিবে ?

[পি. ইউ. 1963] [*Ans* : $CaCl_2$ পূর্ণ U-নলের ওজন বৃদ্ধি (জলীয় বাষ্প শোষণের জন্য) 0·675 গ্রাম ; সোডালাইম পূর্ণ U-নলের ওজন বৃদ্ধি (CO_2 শোষণের জন্য) 4·675 গ্রাম]

16. সোডিয়াম ক্লোরাইড ও পটাশিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রের 1·5 গ্রামকে H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত ও পরে অতিরিক্ত H_2SO_4-কে বাষ্পীভূত করিয়া 1·798 গ্রাম মিশ্র সালফেট পাওয়া গেল। মিশ্রটির উপাদানগুলির শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [*Ans* : NaCl—66·6% KCl—33·4%]

17. কোন অ্যালুমিনিয়াম নমুনার মধ্যে Al_2O_3 অশুদ্ধি আছে। ঐ নমুনার 1 গ্রাম অ্যালুমিনিয়ামকে HCl যোগে বিক্রিয়া করাইয়া 0·1 গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। নমুনাটিতে Al_2O_3-এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

[*Ans* : 10%]

18. (i) কত গ্রাম $KClO_3$ উত্তপ্ত করিলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (S. T. P.) 100 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ? (ii) 1 গ্রাম কার্বনের পূর্ণ দহনে যে CO_2 পাওয়া যাইবে, 12°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে উহার আয়তন কত ? [H. S. 1967] [*Ans* : (i) প্রায় 364·5 গ্রাম (ii) 1·973 লিটার]

19. ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কত লিটার কার্বন ডায়কসাইড গ্যাস চালনা করিয়া, 25 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হইবে। [*Ans* : 5·6 লিটার]

20. অতি উত্তপ্ত কার্বনের উপর স্টীম চালনা করিয়া 'ওয়াটার গ্যাস' (water gas) নামে, সম আয়তন কার্বন মনোক্সাইড (CO) ও হাইড্রোজেন (H_2) গ্যাসের মিশ্র পাওয়া যায়।

$$C + H_2O = \underbrace{CO + H_2}_{\text{ওয়াটার গ্যাস}}$$

3 কিলোগ্রাম অতি উত্তপ্ত কার্বন হইতে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কত কিউবিক মিটার 'ওয়াটার গ্যাস' উৎপন্ন হইবে ? [*Ans* : 11·2 কিউবিক মিটার]

21. 20 মোল হাইড্রোজেন ও 20 মোল নাইট্রোজেনের মিশ্র হইতে 4 মোল অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইল। মিশ্রণে কত মোল নাইট্রোজেন ও কত মোল হাইড্রোজেন অব্যবহৃত থাকিবে ?

[*Ans* : 18 মোল N_2 ও 14 মোল H_2]

22. কোন দ্রবণে 0·2 মোল ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) আছে ; উহাতে 0·24 মোল সোডিয়াম হাইড্রকসাইড (NaOH) যোগ করা হইল। বিক্রিয়ার ফলে কত মোল ফেরিক হাইড্রকসাইড [$Fe(OH)_3$] উৎপন্ন হইবে ও কত মোল ফেরিক ক্লোরাইড বর্তমান থাকিবে ?

[*Ans* : 0·08 মোল $Fe(OH)_3$ উৎপন্ন হইবে ; 0·12 মোল $FeCl_3$ থাকিবে]

23. 2·6 আপেক্ষিক গুরুত্বযুক্ত তরল কার্বন ডাইসালফাইডের 100 সি. সি. অক্সিজেন যোগে দহন করিলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের মোট আয়তন S. T. P.'তে কত হইবে ? উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থগুলি কি কি ? [*Ans* : 229·89 লিটার ; CO_2 এবং SO_2]

24. 1 কিলোগ্রাম অ্যানথ্রাসাইট কয়লাকে (C—90% এবং H—10%) দহন করিতে কত আয়তন বায়ু লাগিবে ? বায়ুর আয়তনিক উপাদান—80% N_2 ও 20% O_2 [*Ans* : 11200 লিটার]

25. অতি উত্তপ্ত অঙ্গারপূর্ণ নলের মধ্য দিয়া 1 লিটার কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডায়ক্সাইড মিশ্র চালনা করিয়া 1600 সি. সি. কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া গেল। মিশ্রটির উপাদান অনুপাত নির্ণয় কর।
(Jt. Entr. 1970) [*Ans* : $CO : CO_2 = 2 : 3$]

26. কোন লঘু HCl দ্রবণের মধ্যে ওজন অনুপাতে 30% অ্যাসিড আছে এবং উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·16। 5 লিটার এই অ্যাসিডের সহিত 3 কিলোগ্রাম সোডিয়াম কার্বনেটের বিক্রিয়ায় যে CO_2 উৎপন্ন হইবে N.T.P.'তে উহার আয়তন কত? [*Ans* : 533·93 লিটার]

27. কোন লঘু H_2SO_4 দ্রবণে 3·0 গ্রাম H_2SO_4 আছে; এই অ্যাসিড দ্রবণের সহিত 1·3 গ্রাম জিংকের বিক্রিয়ায়, কোন বিক্রিয়ক পদার্থটি বিক্রিয়া শেষে নিঃশেষিত হইবে? বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন 37°C উষ্ণতা ও 755 মি. মি. চাপে কত? (H. S. Comp. 1963)
[*Ans* : Zn নিঃশেষিত হইবে ; 0·512 লিটার]

28. পৃথক পৃথক ভাবে 10 গ্রাম কপার ও 10 গ্রাম সালফার উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন সালফার ডায়ক্সাইডের অনুপাত নির্ণয় কর। [Cu=63] [*Ans* : 32 : 189]

29. কোন যৌগের 1 গ্রামে 0·262 গ্রাম N, 0·075 গ্রাম H এবং 0·663 গ্রাম Cl আছে। যৌগটির সরলতম সংকেত নির্ণয় কর।

27°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে 1 লিটার অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিতে, পূর্বোক্ত যৌগের কি পরিমাণ প্রয়োজন হয়? [H. S. (Comp.) 1962] [*Ans* : NH_4Cl ; 2·1734 গ্রাম NH_4Cl]

30. একটি লবণের শতকরা সংযুতি : Na—27·38 ; H—1·19 ; C—14·29 ; O—57·40। যৌগটির সরলতম সংকেত নির্ণয় কর।

এই লবণের 2·1 গ্রাম লইয়া তীব্র উত্তপ্ত করা হইল ; যে কার্বন ডায়ক্সাইড উৎপন্ন হইল 27°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে উহার আয়তন কত? অবশিষ্ট কঠিন পদার্থের ওজন কত? [H. S. 1965]
[*Ans* : $NaHCO_3$; 0·3077 লিটার ; 1·325 গ্রাম]

31. 10 সি. সি. ইথিলিনের সহিত 40 সি. সি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া তড়িৎস্ফুলিংগ যোগে বিস্ফোরিত করা হইল। উৎপন্ন গ্যাসগুলির প্রকৃতি ও আয়তন নির্ণয় কর। সকল গ্যাসই N.T.P.'তে আছে। [*Ans* : মিশ্র গ্যাস থাকিবে ; CO_2—20 সি. সি. ও অক্সিজেন—40 সি. সি.]

32. 500 সি. সি. CO_2-কে রক্ততপ্ত কার্বনের উপর চালিত করিয়া অবশেষরূপে 700 সি. সি. গ্যাস পাওয়া গেল। উৎপন্ন গ্যাসের উপাদানগুলির মাত্রা নির্ণয় কর। সকল গ্যাসই N.T.P.'তে আছে।
[*Ans* : CO—300 সি. সি. ; CO_2—400 সি. সি.]

33. CH_4 ও H_2-এর একটি মিশ্রের 20 সি. সি.'র সহিত 30 সি. সি. O_2 মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরিত করা হইল। শীতল করার পর গ্যাসমিশ্রের আয়তন 15 সি. সি.। ঐ গ্যাসমিশ্রে KOH যোগ করার পর অবশিষ্ট আয়তন 5 সি. সি.। সকল আয়তনই N.T.P.'তে গণিত। মিশ্রটিতে প্রতিটি গ্যাস কত আয়তনে ও কত ওজনে ছিল? [*Ans* : CO—আয়তন 10 সি. সি. ; ওজন 0·0072 গ্রাম
H_2—আয়তন 10 সি. সি. ; ওজন 0·0009 গ্রাম]

34. 30 সি. সি. CO-এর সহিত অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া দহন করার পর আয়তন হইল 35 সি. সি.। মিশ্রিত অক্সিজেনের পরিমাণ কত ছিল? [*Ans* : 20 সি. সি.]

35. একটি আবদ্ধ পাত্রে কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রের 100 সি. সি.'র সহিত 300 সি. সি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া তড়িৎস্ফুলিংগযোগে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। শীতল করিবার পর গ্যাস-মিশ্রের আয়তন 285 সি. সি. হইল। এই মিশ্রে কষ্টিক পটাশ যোগে ঝাঁকাইবার পর দেখা গেল অবশিষ্ট আয়তন 205 সি. সি.। মিশ্রে গ্যাসগুলির যথাক্রমিক আয়তন কত কত ছিল? (Jt. Entr. 1971)
[*Ans* : CO—50 সি. সি., CH_4—30 সি. সি., H_2—20 সি. সি.]

36. (i) কোন জৈব যৌগের বিশ্লেষণফল নিম্নরূপ :

$C=54{\cdot}36\%$, $H=9{\cdot}06\%$, $O=36{\cdot}38\%$

যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব 44। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। (Jt. Entr. 1973)

[*Ans* : $C_4H_8O_2$]

(ii) কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 12 সি. সি.'র সহিত অতিরিক্ত মাত্রায় অক্সিজেন যোগ করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল : বিস্ফোরণের ফলে 30 সি. সি. আয়তনিক সংকোচন ঘটিল। এই মিশ্র KOH দ্রবণ যোগে ঝাঁকাইলে পুনরায় 24 সি. সি. সংকোচন ঘটিল। গ্যাসটির আণবিক সংকেত কি ?

(Jt. Entr. 1974) [*Ans* : C_2H_6]

37. কোনো গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 20 সি. সি.'র সহিত 66 সি. সি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট গ্যাসের শীতল অবস্থায় আয়তন 56 সি. সি.। এই মিশ্রে KOH দ্রবণ যোগ করিলে—গ্যাসের আয়তন সংকুচিত হইয়া 16 সি. সি. হয়। অবশিষ্ট গ্যাসটি অক্সিজেন। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত কি ? (Jt. Entr. 1976) [*Ans* : C_2H_2]

38. 20 সি. সি. কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে 250 সি. সি. বায়ুর সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরিত করা হইল। বিস্ফোরণের পরে লক্ষিত সংকোচন 40 সি. সি.। KOH যোগে শোষণের ফলে লক্ষিত CO_2-এর আয়তন 20 সি. সি.। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত কি ? [*Ans* : CH_4]

39. 20 সি. সি. কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত উপযুক্ত পরিমাণে অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া, বিস্ফোরণের পর 70 সি. সি. সংকোচন ঘটিল। হাইড্রোকার্বনটির ঘনত্ব=29। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।

[*Ans* : C_4H_{10}]

40. 10 সি. সি. নাইট্রিক অক্সাইডকে একটি ইউডিয়োমিটার নলে একটি লোহার তারের সান্নিধ্যে রাখিয়া তড়িৎস্ফুলিংগ চালনা করা হইল। অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন হইল 5 সি. সি.। N.T.P.'তে 136·8 সি. সি. নাইট্রিক অক্সাইডের ওজন 0·183 গ্রাম। নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

[*Ans* : NO]

41. মিথেন, কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্র লওয়া হইল। নিম্নলিখিত পরীক্ষাফলগুলি হইতে মিশ্রটির উপাদানগুলির যথাক্রমিক আয়তন নির্ণয় কর : (সকল আয়তনগুলিই একই উষ্ণতা ও চাপে নিরূপিত) :

মিশ্রের আয়তন—60 সি. সি.

মিশ্রের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন—42 সি. সি.

বিস্ফোরণের পর শীতল না করিয়া, মিশ্রের আয়তন 96 সি. সি.

" " শীতল করিয়া " " 66 সি. সি.

কষ্টিক পটাশ দ্রবণ যোগ করার পর " " 39 সি. সি.

[গণনা সংকেত : বিস্ফোরণের পর শীতল না করিয়া যে আয়তন পাওয়া যায় উহাতে উৎপন্ন জল স্টীম রূপে থাকে ও গ্যাসায়তন সূত্রানুসারে উহার আয়তন অনুসৃত হয়। বিস্ফোরণের পর শীতল করিলে যে সংকোচন পাওয়া যায়, উহাতে স্টীম জলে পরিণত (জলের আয়তন নগণ্য বা শূন্য ধরা যায়) হওয়ার জন্য সংকোচন ঘটে।

নাইট্রোজেন, এই পরীক্ষাটির যে সর্ত আছে—ঐ সর্তে উহার সহিত অক্সিজেনের বিক্রিয়া হয় না।]

[*Ans* : CH_4—15 সি. সি. ; CO—12 সি. সি. ; N_2—33 সি. সি.]

42. একটি লবণের শতকরা সংযুতি : Na—27·38, H—1·19, C—14·29, O—57·40। লবণটির সরলতম সংকেত নির্ণয় কর। (H. S. 1965)

[*Ans* : $NaHCO_3$]

43. একটি যৌগকে বিশ্লেষণ করিয়া উপাদানগুলির নিম্নরূপ অনুপাত পাওয়া গেল :

$S=23{\cdot}76\%$, $C=52{\cdot}54\%$, অবশিষ্টাংশ অক্সিজেন। যৌগটির বাষ্পঘনত্ব 68। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

[*Ans* : C_6O_2S]

44. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সমবায়ে উৎপন্ন একটি যৌগে C—52·17% ও H=13·04% আছে। যৌগটির আণবিক ওজন 23। যৌগটির স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

[Jt. Entr. 1974] [*Ans* : C_2H_6O ; C_2H_6O]

45. একটি বর্ণহীন কেলাসিত যৌগের শতকরা সংযুতি : S—24·24%, N—21·21%, H—6·06% এবং অবশিষ্টাংশ অক্সিজেন। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। যৌগটি সালফেট হইলে এবং যৌগটির স্থূল সংকেত ও প্রকৃত সংকেত একই হইলে যৌগটির নাম কর।

যৌগটিকে গাঢ় NaOH দ্রবণযোগে উত্তপ্ত করিলে কি বিক্রিয়া ঘটিবে, সমীকরণ যোগে প্রকাশ কর।

[H. S. 1961]

[*Ans* : স্থূল সংকেত $SN_2H_8O_4$; অথবা সালফেটরূপে সংকেত $(NH_4)_2SO_4$ ।

দ্বিতীয়াংশ : বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উদ্ভূত হইবে সমীকরণ :

$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$.]

46. বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসে ($BaCl_2, xH_2O$) 14·73% কেলাসজল আছে। কেলাসটির পূর্ণ সংকেত লিখ। (Ba=137·4 ; Cl=35·5) [H. S. 1972] [*Ans* : $BaCl_2 . 2H_2O$]

47. একটি জৈব যৌগে C, H এবং O আছে ; ঐ যৌগের 0·2012 গ্রাম লইয়া অতিরিক্ত কিউপ্রিক অক্সাইড যোগে উত্তপ্ত করিলে 0·4431 গ্রাম CO_2 ও 0·1462 গ্রাম জল পাওয়া গেল। যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব 50। যৌগটির আণবিক সংকেত কি ? [*Ans* : $C_5H_8O_2$]

48. নিম্নলিখিত বিশ্লেষণফল (শতকরা মাত্রায়) হইতে খনিজগুলির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর—

(i) MgO—31·75 ; SiO_2—63·49 ; H_2O—4·76

(ii) ZnO—67·58 ; SiO_2—24·92 ; H_2O—7·50

(iii) CaO—48 ; P_2O_5—41·3 ; $CaCl_2$—10·7

[*Ans*: (i) $3MgO, 4SiO_2, H_2O$ (ii) $2ZnO, SiO_2, H_2O$ (iii) $9CaO, 2P_2O_5, CaCl_2$]

49. দুইটি ধাতব অক্সাইডের মধ্যে যথাক্রমে 20·13 ও 11·19% অক্সিজেন আছে। প্রথম অক্সাইডের সংকেত MO হইলে, দ্বিতীয়টির সংকেত কি ? [*Ans* : M_2O]

50. একটি ধাতু M-এর দুইটি অক্সাইড আছে। উহাদের প্রতিটির 1 গ্রাম লইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে ক্রমান্বয়ে উত্তপ্ত করিয়া ওজন নিত্য করা হইল। দেখা গেল অক্সাইড দুইটি হইতে যথাক্রমে 0·12585 গ্রাম ও 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া গেল। শেষের অক্সাইডটির সংকেত যদি MO হয়, প্রথম অক্সাইডটির সংকেত নির্ণয় কর। [*Ans* : MO_2]

তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন

সপ্তম অধ্যায়

তুল্যাংকভার—তুল্যাংকভার নির্ণয়ের রাসায়নিক পদ্ধতি—তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন—ডুলং ও পেটিটের সূত্র—মিতসারলিসের সমাকৃতি সূত্র—তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজনের রাসায়নিক গণনা (সাধারণ গণনা ও মোল সহযোগে গণনা)।

তুল্যাংকভার
(Equivalent Weight)

ব্যবহারিক জীবনে আমরা প্রত্যেকেই বিনিময় পদ্ধতির সহিত পরিচিত। নানাবিধ বস্তুর বিনিময়ের সাধারণ মাধ্যমরূপে বিভিন্ন দেশে পাউণ্ড, রুবল, ডলার, টাকা প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়। টাকার ভগ্নাংশরূপে আমাদের দেশে যে ক্ষুদ্রতর মুদ্রাগুলি (যেমন—আধুলি, সিকি ইত্যাদি) ব্যবহৃত হয় এগুলির প্রত্যেকটির টাকার আপেক্ষিকে একটি বিনিময় মূল্য আছে। একটি টাকার বিনিময়ে দুইটি আধুলি বা চারিটি সিকির অনুপাত নির্দিষ্ট। অর্থাৎ একটি টাকাকে ক্ষুদ্রতর মুদ্রাদ্বারা প্রতিস্থাপিত করিতে গেলে মূল্য অনুপাতে দুইটি আধুলি লাগে এবং অনুরূপভাবে মূল্য অনুপাতে চারিটি সিকি লাগে। আরো ক্ষুদ্রতর মুদ্রাগুলির অনুরূপ বিনিময় মূল্য আছে। অর্থের সব লেন-দেন মুদ্রাগুলির বিনিময় মূল্যকে ভিত্তি করিয়াই গড়িয়া উঠিয়াছে।

রাসায়নিক বিক্রিয়াকালেও মৌলগুলির সংযোজন ও প্রতিস্থাপন মৌলগুলির একটি নির্দিষ্ট বিনিময়-ওজনকে ভিত্তি করিয়াই ঘটে।

রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে যৌগে প্রতিটি মৌলই নির্দিষ্ট ওজন অনুপাতে থাকে। যৌগে যে-কোন মৌলকে অপর একটি মৌলদ্বারা প্রতিস্থাপিত করার সময় লক্ষ্য করা যায়—উহারা নির্দিষ্ট ওজন অনুপাতেই পরস্পরের সহিত প্রতিস্থাপন করে। এই ঘটনাটি অবশ্য মিথোনুপাত সূত্রের প্রত্যক্ষ অনুসিদ্ধান্তরূপেই অনুধাবন করা যায়। যথা, একই নির্দিষ্ট 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত :

হাইড্রোজেনের ওজনের পরিমাণ = 1·008

ম্যাগনেসিয়ামের ওজনের পরিমাণ = 12

সোডিয়ামের ওজনের পরিমাণ = 23

কার্বনের ওজনের পরিমাণ = 3

কপারের ওজন পরিমাণ = 31·75

ক্লোরিনের ওজনের পরিমাণ = 35·5

মিথোনুপাত সূত্রানুসারে, উপরোক্ত যে-কোন দুইটি যৌগের মধ্যে সম্মিলন সম্ভব হইলে এবং ঘটিলে উহাদের ওজনের অনুপাত, অক্সিজেনের সহিত মিলিত পৃথক পৃথক ওজনের অনুপাতেই ঘটিবে, অথবা অক্সিজেনের সহিত মিলিতপৃথক পৃথক ওজনের সরল গুণিতকের

অনুপাতে ঘটিবে। উপরের তালিকায় **প্রতিটি মৌল পৃথকভাবে 8 ওজন অক্সিজেনের সহিত যে ওজন অনুপাতে মিলিত হয় ঐ ওজনকে মৌলটির অন্য মৌলের সহিত ওজন অনুপাতে মিলিত হইবার তুল্যাংক** (Combining weight), **রাসায়নিক তুল্যাংক** (Chemical equivalent) **বা তুল্যাংকভার** (Equivalent weight) **বলা হয়।**

মৌলগুলি যখন পরস্পরের সহিত যুক্ত হয় বা পরস্পরকে প্রতিস্থাপিত করে তখন উহারা ওজনের দিক দিয়া পরস্পরের তুল্যাংকের অনুপাতে বা ঐ অনুপাতের গুণিতকের অনুপাতে তাহা করিয়া থাকে। এই নিয়মটিকে তুল্যাংকভার সূত্র বলা যায়।

উদাহরণ : (ক) বিক্রিয়া : $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

ওজন অনুপাতে, $2 \qquad 2\times35{\cdot}5$

বা, ওজন অনুপাতে, $H_2 : Cl_2 = 2 : 2\times35{\cdot}5 = 1 : 35{\cdot}5$

এই অনুপাতটি উপরের তালিকানুযায়ী H_2 ও Cl_2-এর তুল্যাংকের অনুপাত।

(খ) বিক্রিয়া : $Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$

[এই বিক্রিয়ায় Mg, H_2SO_4 হইতে H_2-কে প্রতিস্থাপিত করে।]

ওজন অনুপাতে, $24 \qquad\qquad 2$

বা, ওজন অনুপাতে, $Mg : H = 24 : 2$ বা $12 : 1$

যোজ্যতার ন্যায়, তুল্যাংকভার গণনার জন্য একটি একক প্রয়োজন। পূর্বে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনকে এককরূপে ধরিয়া তুল্যাংক নির্ণীত হইত। বিজ্ঞানী **স্ট্যাসের** (Stas) প্রস্তাবক্রমে পরে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনকে তুল্যাংক নির্ণয়ের এককরূপে গ্রহণ করা হয়। এই পদ্ধতির সুবিধা এই যে বিভিন্ন মৌলের হাইড্রোজেন যৌগ উৎপন্ন করার ক্ষমতা সীমিত, কিন্তু প্রায় সকল মৌলই অক্সিজেনের সহিত যৌগ উৎপন্ন করে, ফলে ঐ অক্সাইড যৌগগুলির বিশ্লেষণ হইতে মৌল অক্সিজেন ওজনের অনুপাতটি সহজেই নির্ণেয়।

1·008 **ওজনের হাইড্রোজেন বা** 35·5 **ওজনের ক্লোরিন বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের (বা এই এককে নির্ণীত অপর যে-কোন মৌলের তুল্যাংক ওজনের) সহিত মৌলের যে ওজন যুক্ত বা প্রতিস্থাপিত হয়, উহাকে মৌলের তুল্যাংকভার বলা হয়।**

মৌলের তুল্যাংকভার দুইটি ওজনের অনুপাত বলিয়া ইহা একটি সংখ্যা মাত্র। তুল্যাংকভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে **গ্রাম-তুল্যাংক** বলা হয়। যথা,

1 গ্রাম তুল্যাংক হাইড্রোজেন = 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন ;

1 গ্রাম তুল্যাংক অক্সিজেন = 8 গ্রাম অক্সিজেন।

1 গ্রাম তুল্যাংক কপার (দ্বিযোজীরূপে) = 31·75 গ্রাম কপার

1 গ্রাম তুল্যাংক সিলভার = 108 গ্রাম সিলভার

□ তুল্যাংকভারের সহিত যোজ্যতা ও পারমাণবিক ওজনের সম্পর্ক :

তুল্যাংকভার মৌলের বৈশিষ্ট্যবাচক হইলেও, ইহা মৌলটির কোন্ যৌগে কিভাবে যুক্ত আছে তাহার উপর নির্ভর করে। যৌগভেদে একই মৌলের বিভিন্ন তুল্যাংকভার হইতে পারে। যৌগভেদে তুল্যাংকের প্রভেদ একটি সূত্রের সাহায্যে যুক্ত। সূত্রটি :

মৌলের তুল্যাংকভার × মৌলের যোজ্যতা

= মৌলের পারমাণবিক ওজন

এই সূত্রটি নিম্নলিখিতভাবে প্রমাণ করা যায় :

ধরা যাক্ কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন $=A$; তুল্যাংকভার $=E$; যোজ্যতা $=V$

যোজ্যতার সংজ্ঞা হইতে বলা যায় V সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়

$\therefore$ $V\times 1{\cdot}008$ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয় মৌলের A ভাগ ওজনের সহিত

$\therefore$ $1{\cdot}008$ " " " " " $\dfrac{A}{V}$ " " "

$1{\cdot}008$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত মৌলের যে ওজন যুক্ত হয়, সংজ্ঞানুসারে উহাই মৌলের তুল্যাংকভার

অতএব, $E=\dfrac{A}{V}$

বা, $E\times V=A$

বা, **মৌলের তুল্যাংকভার × মৌলের যোজ্যতা**

= মৌলের পারমাণবিক ওজন

এই সূত্রটি হইতে অনুসিদ্ধান্তরূপে সহজেই বোঝা যায়—

- একযোজী মৌলের ক্ষেত্রে তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন একই।
- যেহেতু যোজ্যতা সর্বদাই পূর্ণসংখ্যা, মৌলের পারমাণবিক ওজন উহার তুল্যাংকভারের সরল গুণিতক।

এই সূত্রটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। সহজেই বুঝা যায় যে এই সূত্রে মৌলের তিনটি বৈশিষ্ট্যবাচক সংখ্যার মধ্যে যে কোন দুইটি জানা থাকিলে তৃতীয়টি সহজেই নির্ণেয়। মৌলের তুল্যাংকভার, পরীক্ষা হইতে প্রত্যক্ষ নির্ণয় করা যায়। সুতরাং এই সূত্রের প্রয়োগ, মৌলের যোজ্যতা ও মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে বিশেষ উপযোগী। এই সূত্রটির সত্যতা কয়েকটি পরীক্ষালব্ধ ফলাফল যোগে প্রমাণ করা যায় :

মৌল	মৌলযুক্ত যৌগ	যৌগে মৌলের যোজ্যতা	মৌলের তুল্যাংক	যোজ্যতা × তুল্যাংকভার	প্রকৃত পারমাণবিক ওজন
Cl	HCl	1	35·5	$1\times 35{\cdot}5=35{\cdot}5$	35·5
O	H_2O	2	8	$2\times 8=16$	16
Mg	$MgCl_2$	2	12	$2\times 12=24$	24
Cu	$CuCl_2$	2	31·75	$2\times 31{\cdot}75=63{\cdot}5$	63·5
Cu	Cu_2Cl_2	1	63·5	$1\times 63{\cdot}5=63{\cdot}5$	63·5

□ মূলকের তুল্যাংকভার ও যৌগের তুল্যাংকভার ঃ

মূলকের মধ্যে যে পরমাণুগুচ্ছ থাকে, ঐ পরমাণুগুচ্ছ একত্রেই একটি মৌল পরমাণুর ন্যায় রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। তুল্যাংকভারের ন্যায়, মূলকেরও তুল্যাংকভার গণনা করা যায়।

মূলকের মধ্যে যে পরমাণুগুচ্ছ থাকে, ঐ পরমাণুগুচ্ছ একত্রেই একটি মৌল পরমাণুর ন্যায় বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। এই সব বিক্রিয়ায়, মূলকগুলিও মৌলের ন্যায়ই তুল্যাংকভার অনুপাতে সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত হয়। মৌলের তুল্যাংকভারের ন্যায়, **যে ওজনের মূলক 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের (বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের) সহিত যুক্ত বা প্রতিস্থাপিত হয়, উহাই মূলকের তুল্যাংকভার।**

উদাহরণ ঃ SO_4 মূলক, হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া H_2SO_4 যৌগ করে ; এই যৌগে SO_4 (আণবিক ওজন $32+4\times16=96$) অংশ H_2 (আণবিক ওজন $2\times1{\cdot}008$)-এর সহিত যুক্ত।

অতএব, 1·008 ওজনের সহিত যুক্ত SO_4 এর ওজন $=\frac{96}{2}=48$

অনুরূপভাবে, NH_4 মূলকের (NH_4Cl যৌগের হিসাবে) তুল্যাংকভার = 18

একটি সমগ্র যৌগের তুল্যাংকভারও অনেকক্ষেত্রে রাসায়নিক গণনায় প্রয়োজন হয়। এই ক্ষেত্রে যৌগটিকে, মৌল ও মূলকের সমাহার ধরিলে—যৌগের তুল্যাংকভার, মৌল ও মূলকের তুল্যাংকভারের যোগফল রূপে গণনা করা যায়। যেমন, $NaHCO_3$; ইহা মৌল Na, ও মূলক HCO_3 যোগে গঠিত। Na-এর তুল্যাংকভার 23 এবং HCO_3-এর তুল্যাংকভার 61 ; অতএব $NaHCO_3$-এর মোট তুল্যাংকভার $23+61=84$।

মৌলের তুল্যাংকভার	মূলকের তুল্যাংকভার	যৌগের তুল্যাংকভার
Na—23	CO_3—30	Na_2/CO_3—$23+30=53$
Na—23	HCO_3—61	Na/HCO_3—$23+61=84$
H—1	Cl—35·5	$H/Cl+35{\cdot}5=36{\cdot}5$
H—1	SO_4—48	H_2/SO_4—$1+48=49$
Na—23	OH—17	Na/OH—$23+17=40$

অম্ল, ক্ষার ও লবণগুলির তুল্যাংকভারের আরো আলোচনা 'অম্লমিতি-ক্ষারমিতি'র অধ্যায়ে করা হইয়াছে।

তুল্যাংকভার নির্ণয়ে রাসায়নিক পদ্ধতি

ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয়ে সাধারণত কয়েকটি পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় ঃ

● অধিকাংশ ধাতুই অ্যাসিড বা অম্ল অথবা অ্যালকালি বা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। উৎপাদক ধাতুর ওজন ও উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন হইতে ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ : এই পদ্ধতিতে, Zn, Mg, Al প্রভৃতির (অর্থাৎ যে সব ধাতু তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উর্ধ্বে অবস্থিত) তুল্যাংক নির্ণীত হয়।

● প্রায় সকল ধাতুই অক্সাইড যৌগ উৎপন্ন করে। ধাতুকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন নাইট্রেট লবণকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; ধাতুকে প্রত্যক্ষভাবে বায়ুতে দহন করিলেও অনেক ক্ষেত্রে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উৎপাদক ধাতুর ওজন ও উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন হইতে, ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

অনেক ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া অক্সিজেন অংশ বিমুক্ত করা যায়। ধাতব অক্সাইডের ওজন ও বিমুক্ত অক্সিজেনের ওজন হইতে ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ : এই পদ্ধতিতে, Cu, Ni, Co প্রভৃতির (অর্থাৎ যে সব ধাতু তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত) তুল্যাংক নির্ণীত হয়।

● অনেক ধাতু উত্তপ্ত অবস্থায় গ্যাসীয় ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। কোন কোন ধাতব লবণ, দ্রবণে, ক্লোরাইড লবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অদ্রাব্য ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। উৎপাদক ধাতুর ওজন ও উৎপন্ন ক্লোরাইডের ওজন হইতে, ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ : এই পদ্ধতিতে, Na, K, Ca, Ba (অর্থাৎ ক্ষারীয় ধাতু ; ক্ষারকীয় ধাতু) এবং Ag প্রভৃতির তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়।

● ধাতব লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে, 96500 কুলম্ব তড়িৎ, গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ ধাতু তড়িৎ-দ্বারে বিমুক্ত করে। অতএব 96500 কুলম্ব তড়িৎ চালনার পর, তড়িৎ-দ্বারে যে ওজন (গ্রাম এককে) বৃদ্ধি হয় তাহার পরিমাপ হইতে ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ : এই পদ্ধতিতে Cu, Ag, Au প্রভৃতির (অর্থাৎ যেসব ধাতু তড়িৎ বিশ্লেষণকালে ধাতব লবণ হইতে বিমুক্ত হয়) তুল্যাংক নির্ণীত হয়।

● কিছু ধাতু অন্য ধাতব লবণের সহিত বিক্রিয়ায় নিজেরা লবণ উৎপন্ন করে ও ধাতব লবণের আদি ধাতুটিকে বিমুক্ত করে (তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে এইসব ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপক ধাতুটি বিমুক্ত ধাতুটির উর্ধ্বে অবস্থিত থাকে)।

$$\underset{\text{প্রতিস্থাপক ধাতু}}{Fe} + CuSO_4 = FeSO_4 + \underset{\text{বিমুক্ত ধাতু}}{Cu}$$

$$\underset{\text{প্রতিস্থাপক ধাতু}}{Zn} + 2AgNO_3 = Zn(NO_3)_2 + \underset{\text{বিমুক্ত ধাতু}}{Ag}$$

প্রতিস্থাপনকারী ও প্রতিস্থাপিত বা বিমুক্ত ধাতু পরস্পরের তুল্যাংকের অনুপাতে এই বিক্রিয়া করে বলিয়া প্রতিস্থাপনকারী ও প্রতিস্থাপিত ধাতুর ওজন হইতে ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ : এই পদ্ধতিতে Cu, Ag, Pb প্রভৃতির তুল্যাংক নির্ণীত হয়।

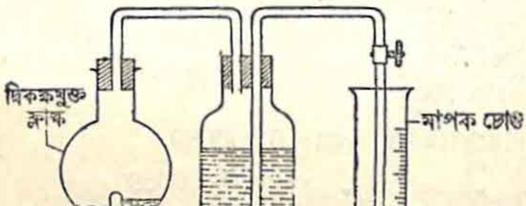
● তুল্যাংক জানা আছে এমন কোন যৌগের সহিত ধাতুর যৌগকে, যদি জানা তুল্যাংকের অপর যৌগের সহিত যৌগে রূপান্তরিত করা যায়, তবে উৎপাদক ও উৎপন্ন যৌগের পরিমাণ দুইটি হইতে ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

কয়েকটি ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয়

□ ম্যাগনেসিয়াম, জিংক, আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতির তুল্যাংকভার নির্ণয় ঃ

নীতি—তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে (নবম অধ্যায়) যে সব ধাতু হাইড্রোজেনের উর্ধ্বে অবস্থিত উহারা লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া, হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন ও ধাতুর ওজন হইতে ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় করা হয়।

পদ্ধতি 1. পরীক্ষা—চিত্রানুযায়ী একটি দ্বি-কক্ষযুক্ত ফ্লাস্কের (Whiteley flask) এক অংশে কোন ধাতু* ওজন করিয়া (যথা, Mg, Zn প্রভৃতি) লওয়া হইল ও অপর অংশে কিছু সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হইল। ফ্লাস্কটি একটি নির্গম-নল দ্বারা একটি জলপূর্ণ বোতলের (aspirator) সহিত যুক্ত করা হইল। বোতলটির সহিত আরেকটি নির্গম নল এমনভাবে লাগানো থাকে যে নলটির একপ্রান্ত বোতলের জলে নিমজ্জিত থাকে ও অপর প্রান্তটি পাশে একটি মাপক চোঙের (measuring cylinder) সহিত যুক্ত থাকে। (চিত্র নং 7.1)



চিত্র নং 7.1

এখন দ্বি-কক্ষযুক্ত ফ্লাস্কটি ঝাঁকাইলে ধাতু ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে। এই হাইড্রোজেন নির্গম-নল যোগে আসিয়া জলপূর্ণ বোতলের জলের উপর চাপ দিবে ও সম-আয়তন জল প্রতিসারিত করিবে ; প্রতিসারিত জল তখন অপর নির্গম-নলটি দিয়া বাহিত হইয়া মাপক চোঙে জমিবে। মাপক চোঙে যে জল জমিবে, উহা মাপিলেই উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন পাওয়া যাইবে।

---

* যে ধাতুগুলি তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে হাইড্রোজেনের উপরে থাকে ও সহজেই অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, সেই ধাতুগুলির ক্ষেত্রেই মাত্র এই পদ্ধতিটি প্রযোজ্য।

পরীক্ষাকালে পরীক্ষাগারের উষ্ণতা ও বায়ুচাপ মাপা হইল। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের যে আয়তন পাওয়া গেল, উহা পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা ও চাপে প্রাপ্ত হাইড্রোজেনের আয়তন। এই আয়তনকে, 'বয়েল ও চার্লসের মিলিত সূত্রের' সাহায্যে 'প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপের আয়তনে' পরিবর্তিত করা হইল। এখন গণনার সাহায্যে ধাতুর তুল্যাংকভার পাওয়া যাইবে।

গণনা : ধরা যাক্ হাইড্রোজেনের নির্ণীত আয়তন $= V$ সি. সি.

পরীক্ষাকালে নির্ণীত বায়ুচাপ $= P$ মি. মি.

" " উষ্ণতা $= t^\circ C$

$= (273+t)^\circ A$

গৃহীত ধাতুর ওজন $= a$ গ্রাম

ধরা যাক্, প্রাপ্ত V সি. সি. হাইড্রোজেনের N.T.P'তে আয়তন $= x$ সি.সি.

বয়েল ও চার্লস সূত্র হইতে—

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

বা $$\frac{PV}{273+t} = \frac{760 \times x}{273}$$

$$\therefore \quad x = \frac{PV \times 273}{(273+t) \times 760} \text{ সি. সি.}$$

এখন N.T.P' তে 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন $= 0{\cdot}000089$

$\therefore$ " x " " " $= x \times 0{\cdot}000089$

$$\text{ধাতুর ওজন} = \frac{\text{গৃহীত ধাতুর ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{a}{x \times 0{\cdot}000089}$$

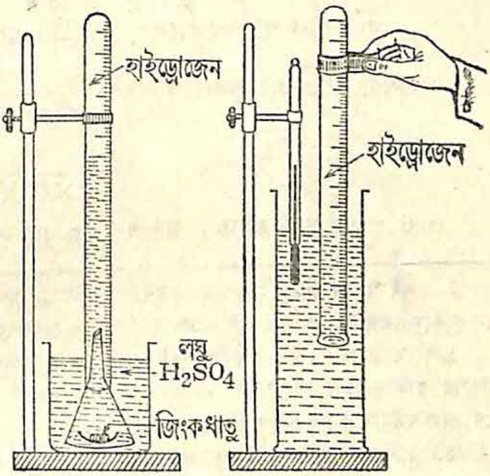
a ও x এর মান জ্ঞাত ; অতএব ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণীত হয়।

পদ্ধতি 2. একটি ওয়াচগ্লাসের উপর কিছু বিশুদ্ধ Zn ওজন করিয়া ঐ ওয়াচগ্লাসটিকে একটি বীকারে রাখিয়া উহাকে একটি ফানেল দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হইল ও পরে বীকারে এমনভাবে জল যোগ করা হইল যাহাতে ফানেলটি সম্পূর্ণরূপে জলতলে নিমজ্জিত থাকে। এখন একটি সম্পূর্ণরূপে জলপূর্ণ ইউডিয়োমিটার বা গ্যাসমাপক নল ফানেলের উপর উপুড় করিয়া স্থাপন করা হইল। ইহার পর বীকারে একবিন্দু লঘু $CuSO_4$ দ্রবণ*, ও কিছু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। অ্যাসিড ও জিংকের বিক্রিয়ায় বিমুক্ত হাইড্রোজেন ঊর্ধ্বমুখী হইয়া, ইউডিয়োমিটার নলে সংগৃহীত হইল।

---

* যুক্ত $CuSO_4$, Zn এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ($Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$) 'কপার প্রলিপ্ত Zn' (বা জিংক কপার কাপ্‌ল্) করে ; ইহা দ্রুত অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে।

ইহার পর ইউডিয়োমিটার নলটিকে, নিম্নাংশ আঙুল দ্বারা চাপিয়া বীকার হইতে তুলিয়া লইয়া, কাগজদ্বারা ধরিয়া একটি জলপূর্ণ সিলিণ্ডারে এমনভাবে উপর-নীচ করা হইল, যাহাতে কোন এক অবস্থানে সিলিণ্ডারের জলতল ও ইউডিয়োমিটারে বর্তমান জলতল সমান হয়। এই অবস্থায় ইউডিয়োমিটারের রেখাংকিত নল হইতে হাইড্রোজেনের অধিকৃত আয়তন লিপিবদ্ধ করা হইল। পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা থার্মোমিটার সাহায্যে ও পরীক্ষাকালীন বায়ুচাপ ব্যারোমিটার সাহায্যে পৃথকভাবে পরিমাপ করা হইল (চিত্র নং 7·2)।



চিত্র নং 7.2

গণনা ঃ ধরা যাক্ হাইড্রোজেনের লক্ষিত আয়তন $= V$ সি. সি.

পরীক্ষাকালে নির্ণীত বায়ু চাপ $= P$ মি. মি.

" " উষ্ণতা $= t^\circ\text{C}$

$= (273+t)^\circ\text{A}.$

পরীক্ষাকালে সিলিণ্ডারের জলতল ও ইউডিয়োমিটার নলের জলতল সমান ছিল।

অতএব, সিলিণ্ডারের জলতলের উপর চাপ = বায়ুচাপ $= P$ মি. মি.

কিন্তু, ইউডিয়োমিটারের " " " = হাইড্রোজেনের জন্য চাপ + জলের উপর সংগৃহীত বলিয়া হাইড্রোজেনের সহিত বর্তমান $t^\circ\text{C}$ উষ্ণতায় নির্দিষ্ট জলীয় বাষ্পের চাপ $= P_H + f.$

$\therefore$ কেবলমাত্র হাইড্রোজেন দ্বারা প্রযুক্ত চাপ $P_H = P - f.$

হাইড্রোজেনের লক্ষিত আয়তন, ধরা যাক N.T.P'তে $= x$ সি. সি.

এখন, সম্মিলিত বয়েল ও চার্লস সূত্র অনুসারে

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{(P-f)V}{(273+t)} = \frac{760 \times x}{273}$$

$\therefore$ x (N. T. P.-তে হাইড্রোজেনের আয়তন) $= \dfrac{(P-f) \times V \times 273}{(273+t) \times 760}$

N. T. P.'-তে 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন $= 0{\cdot}000089$ গ্রাম

$\therefore$ „ x „ „ „ $= x \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম

ধরা যাক্ পরীক্ষাকালে গৃহীত Zn এর ওজন $= a$ গ্রাম

অতএব, Zn-এর তুল্যাংকভার $= \dfrac{\text{গৃহীত Zn এর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$$= \frac{a}{x \times 0{\cdot}000089}$$

a ও x এর মান জ্ঞাত ; অতএব Zn এর তুল্যাংকভার নির্ণীত হয়।

---

1. এই পরীক্ষাটিতে Zn-এর ওজন সাধারণতঃ 0.08—0.1 গ্রাম লওয়া হয় কারণ ঐ পরিমাণ Zn যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে (15—20 মি. লি.) তাহা সহজেই পরিমাপ করা যায়।

2. বিক্রিয়াটি বর্ণিত যন্ত্রসজ্জাতেই করা সম্ভব, উল্‌ফ্‌ বোতলে করা যায় না কারণ উল্‌ফ্‌ বোতলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে সংগ্রহ করা যায় না এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন বিশুদ্ধও হয় না, উহা উল্‌ফ্‌ বোতলে বর্তমান বায়ুর সহিত মিশ্রিতরূপে সংগৃহীত হয়।

3. বর্ণিত পদ্ধতিতে, উপুড় করা ফানেলটি হাইড্রোজেনকে পার্শ্ব কোনো পথে নির্গত হইতে দেয় না। উৎপন্ন ঊর্ধ্বমুখী হাইড্রোজেন ফানেলযোগে একমুখী পথে, ইউডিয়োমিটার নলে সংগৃহীত হয়।

4. এই পদ্ধতিতে অতিরিক্ত H_2SO_4 ব্যবহার করা প্রয়োজন, কারণ তাহা না হইলে Zn অবিকৃত থাকিবে ও সেক্ষেত্রে তুল্যাংকভারের গণনা নির্ভুল হইবে না।

5. বিশুদ্ধ Zn সহজে H_2SO_4 এর সহিত বিক্রিয়া করে না ; কয়েক বিন্দু কপার সালফেট দ্রবণ বিক্রিয়ায় 'জিংক-কপার' কাপল উৎপন্ন করে এবং তখন Zn সহজেই সম্পূর্ণরূপে H_2SO_4 এর সহিত বিক্রিয়া করে। অতিরিক্ত $CuSO_4$ ব্যবহার অবাঞ্ছনীয় কারণ সেক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ Zn দ্রবণে $ZnSO_4$ রূপে পরিণত হইবে ও সম্পূর্ণ Zn, হাইড্রোজেন উৎপাদন করিবে না বলিয়া তুল্যাংকভারের গণনা নির্ভুল হইবে না।

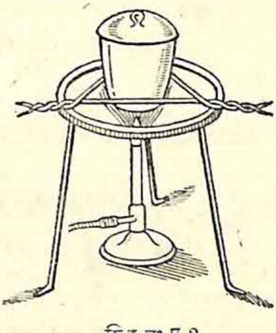
6. ইউডিয়োমিটার নলে সংগৃহীত উৎপন্ন হাইড্রোজেন জলপূর্ণ জারে লইয়া, জারের জলতল ও ইউডিয়োমিটার নলের জলতল সমান করিয়া তবেই পরিমাপ করা হয়, কারণ—এইভাবে যে আয়তন পাওয়া যায় উহার পরিপ্রেক্ষিতে হাইড্রোজেনের চাপ $(P-f)$ হিসাব করা যায়।

7. এই পরীক্ষাকালে ব্যারোমিটারের চাপ (P) ও পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা $(t°C)$ জানা প্রয়োজন। $t°C$ উষ্ণতা জানা থাকিলে তবেই ঐ উষ্ণতায় প্রযুক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ (f) জানা যায় এবং ব্যারোমিটারের চাপ (P) ও জলীয় বাষ্পের চাপ (f) হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের প্রযুক্ত চাপ $(P-f)$ গণনীয়।

□ কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় ঃ

1. **প্রথম পদ্ধতি ঃ নীতি ঃ** কপার তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত ধাতু বলিয়া, ইহা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন বিমুক্ত করে না। কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় করিতে হইলে নির্দিষ্ট ওজনের কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া প্রথমে কপার নাইট্রেটে পরিণত করা হয় ও পরে ঐ কপার নাইট্রেটকে তীব্র উত্তাপে বিযোজিত করিয়া যে কপার অক্সাইড পাওয়া যায়—ঐ কপার ও কপার অক্সাইডের ওজন হইতে কপারের তুল্যাংকভার নির্ণীত হয়।

পদ্ধতি ঃ একটি ঢাকনী-সহ পোর্সিলেন বাটিকে পরিষ্কৃত করিয়া ওজন করা হইল ও পরে ঐ বাটিতে কিছু বিশুদ্ধ কপার লইয়া পুনরায় ওজন করা হইল। এই দুইটি ওজনের পার্থক্য, গৃহীত কপারের ওজন। এখন বাটিটিতে কিছু গাঢ় HNO_3 যোগ করিলে কপার দ্রবীভূত হইয়া নীল কপার নাইট্রেট দ্রবণে পরিণত হয় ও গাঢ় বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস উদ্ভূত হয় ($Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$)। এই দ্রবণটিকে মৃদুতাপে শুষ্ক করিয়া পরে তীব্র উত্তপ্ত করিলে, কপার নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া কালো কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয় [$2Cu(NO_3)_2=2CuO+4NO_2+O_2$]। উত্তাপের শেষে, বাটিটিকে শীতল করিয়া শোষকাধারে রাখিয়া পরে পুনরায় ওজন করা হয়। একবার ওজনের পর বাটিটিকে পুনরায় উত্তপ্ত করিয়া শীতল ও পরে আবার ওজন করা হয় এবং যতক্ষণ না ওজন নিত্য হয় ততক্ষণ প্রক্রিয়াটি বারবার করা হয় (চিত্র নং 7.3)।



চিত্র নং 7.3

গণনা ঃ ধরা যাক ঢাকনীসহ বাটির ওজন $=a$ গ্রাম

" " " + কপারের ওজন $=b$ গ্রাম

গৃহীত কপারের ওজন $=b-a$ গ্রাম

ঢাকনীসহ বাটির ওজন + উৎপন্ন CuO-এর ওজন $=c$ গ্রাম

অতএব উৎপন্ন CuO-এর ওজন $=c-a$ গ্রাম

CuO-এর মধ্যে সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(c-a)-(b-a)$ গ্রাম

$=c-b$ গ্রাম

$(c-b)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $(b-a)$ গ্রাম কপারের সহিত

অতএব 8 " " " " $\dfrac{8\times(b-a)}{(c-b)}$

$\therefore$ কপারের তুল্যাংকভার $=\dfrac{8\times(b-a)}{(c-b)}$

2. **দ্বিতীয় পদ্ধতি ঃ নীতি ঃ** বিশুদ্ধ কপার অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিয়া উহার উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে, উহা বিজারিত হইয়া বিশুদ্ধ কপারে পরিণত হয়। গৃহীত কপার অক্সাইডের ওজনের সহিত উৎপন্ন কপারের ওজনের পার্থক্যই, কপারের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন। এই ওজনগুলি হইতে কপারের তুল্যাংক গণনা করা যায়।

পদ্ধতি ঃ পৃঃ 173 চিত্র নং 7.4 অনুরূপ একটি যন্ত্রসজ্জা লওয়া হইল। যন্ত্রসজ্জার বর্ণনা ঐ পৃষ্ঠার ঐ চিত্রানুযায়ী।

গণনা : শূন্য পোর্সিলেন বাটির ওজন $= a$ গ্রাম

পোর্সিলেন বাটি + CuO-এর ওজন $= b$ গ্রাম

গৃহীত CuO-এর ওজন $= (b-a)$ গ্রাম

দহনের শেষে পোর্সিলেন বাটি ও উৎপন্ন Cu-এর ওজন $= c$ গ্রাম

অতএব উৎপন্ন Cu-এর ওজন $= (c-a)$ গ্রাম

Cu-এর সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (b-a)-(c-a)$ গ্রাম $= (b-c)$ গ্রাম

$(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত ছিল $(c-a)$ গ্রাম কপারের সহিত

অতএব 8 গ্রাম " " " $\dfrac{8\times(c-a)}{(b-c)}$ " " "

$\therefore$ কপারের তুল্যাংকভার $= \dfrac{8\times(c-a)}{(b-c)}$.

3. **তৃতীয় পদ্ধতি : নীতি :** তড়িৎ বিশ্লেষণকালে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ধাতব লবণ হইতে 96500 কুলম্ব তড়িৎ, 1 গ্রাম-তুল্যাংক ধাতু ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে বিমুক্ত করে। এই নীতিটির প্রয়োগ করিয়া, লঘু কপার সালফেট দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিয়া—কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিটিই Cu-এর তুল্যাংক-ভার নির্ণয়ে সর্বসঠিক নিখুঁত পদ্ধতি।

[বিস্তৃত বিবরণের জন্য—দ্বিতীয় খণ্ড উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন দ্রষ্টব্য।]

□ সিলভারের তুল্যাংকভার নির্ণয় :

সিলভারও কপারের ন্যায়, তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত ধাতু বলিয়া ইহা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন মুক্ত করে না। উপরন্তু, সিলভার কপারের ন্যায় তেমন সন্তোষজনকভাবে অক্সাইড যৌগও করে না। সিলভারের তুল্যাংক নির্ণয়ে, ক্লোরিনের সহিত সংযোজন পদ্ধতি অবলম্বন করাই শ্রেয়।

নীতি : সিলভার নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ করে। এই দ্রবণে লঘু HCl বা কোন দ্রাব্য ক্লোরাইড (NaCl, KCl) যোগ করিলে, অদ্রাব্য AgCl-এর অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন AgCl দ্রবণ হইতে পরিস্রাবণ যোগে পৃথক করিয়া পরে শুষ্ক করিয়া ওজন করিলে উৎপন্ন AgCl-এর ওজন পাওয়া যায়। Ag ও AgCl-এর প্রাপ্ত ওজন হইতে, গণনা যোগে Ag-এর তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়।

পদ্ধতি : কিছু বিশুদ্ধ সিলভার ওজন করিয়া একটি বীকারে রাখিয়া বীকারে লঘু HNO_3 দ্রবণ যোগ করা হইল এবং দ্রবণটি উত্তপ্ত করা হইল—

$$Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + H_2O + NO_2.$$

উৎপন্ন $AgNO_3$ দ্রবণটিতে এখন লঘু HCl যোগ করিলে, দ্রবণে অদ্রাব্য AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয় ;

$$AgNO_3 + HCl = AgCl\downarrow + HNO_3.$$

ইহার পর দ্রবণটি, একটি ওজন করা ফিল্টার কাগজযোগে ফানেল দ্বারা পরিস্রাবণ করা হইল এবং পৃথকীকৃত AgCl-কে কয়েকবার জল যোগে ধৌত করা হইল। AgCl সহ ফিল্টার কাগজটি, শুষ্কীকরণ কক্ষে 130°C উষ্ণতায় শুষ্ক করিয়া, পরে ওজন করা হইল। এইভাবে প্রাপ্ত ওজন হইতে, ফিল্টার কাগজের ওজন বাদ দিলে—উৎপন্ন AgCl-এর ওজন পাওয়া যায়।

গণনা ঃ ধরা যাক্ গৃহীত Ag-এর ওজন $= a$ গ্রাম

উৎপন্ন AgCl-এর ওজন $= b$ গ্রাম

অতএব Ag-এর সহিত সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন $= (b-a)$ গ্রাম

$(b-a)$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় a গ্রাম সিলভারের সহিত

অতএব 35·5 " " " " $\frac{35 \cdot 5 \times a}{(b-a)}$ গ্রাম " "

$\therefore$ সিলভারের তুল্যাংকভার $= \frac{35 \cdot 5 \times a}{(b-a)}$.

□ সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতির তুল্যাংকভার নির্ণয় ঃ

নীতি ঃ সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি অতি তীব্র ক্ষারীয় ধাতু ও অতি সক্রিয় বলিয়া, হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি, অক্সাইড পদ্ধতি প্রভৃতির সাহায্যে ইহাদের তুল্যাংক নির্ণয় করা যায় না। এগুলির তুল্যাংক নির্ণয়ে ক্লোরাইড পদ্ধতিই উপযোগী।

বিশুদ্ধ NaCl বা KCl ওজন করিয়া একটি দ্রবণ করা হয়; ঐ দ্রবণে কিছু লঘু HNO_3 ও পরে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। উৎপন্ন AgCl-কে পরিস্রাবণ যোগে পৃথক করিয়া উহাকে ধৌত ও শুষ্ক করা হয়। এই AgCl-এর ওজন ও গৃহীত NaCl (বা KCl) এর ওজন হইতে, Na (বা K) এর তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়।

পদ্ধতি ঃ বিশুদ্ধ NaCl ওজন করিয়া একটি বীকারে রাখিয়া, উহাতে পাতিত জল যোগ করিয়া একটি লঘু দ্রবণ করা হইল। ঐ দ্রবণে বিশুদ্ধ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ বিন্দু বিন্দু যোগ করিয়া আলোড়িত করা হইতে থাকিল। যতক্ষণ পর্যন্ত AgCl এর সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইতে থাকে, ততক্ষণ $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করা হইল। উৎপন্ন AgCl-এর সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপকে সতর্কভাবে, ওজন জানা আছে এমন একটি ফিল্টার কাগজ দ্বারা ফানেলের সাহায্যে পরিস্রাবণ করা হইল। ফানেলে ফিল্টার কাগজের উপর সংগৃহীত AgCl-কে কয়েকবার পাতিত জল দ্বারা ধৌত করা হইল। ইহার পর ফানেল হইতে AgCl-সহ ফিল্টার কাগজ পৃথক করিয়া শুষ্কীকরণ কক্ষে 130°C উষ্ণতায় শুষ্ক করিয়া, পরে ওজন করা হইল।

গণনা ঃ ধরা যাক্ গৃহীত NaCl-এর ওজন $= x$ গ্রাম

উৎপন্ন AgCl-এর ওজন $= a$ গ্রাম

AgCl-এর আণবিক ওজন $= 108 + 35 \cdot 5 = 143 \cdot 5$

অর্থাৎ প্রতি 143·5 গ্রাম AgCl-এর মধ্যে 35·5 গ্রাম Cl থাকে

অতএব উৎপন্ন a গ্রাম " " " $\frac{a \times 35·5}{143·5}$ Cl থাকে

এই Cl, NaCl হইতে আসিয়াছে ; অর্থাৎ x গ্রাম NaCl এর মধ্যে $\frac{a \times 35·5}{143·5}$ গ্রাম Cl ছিল।

স্থতরাং NaCl-এর মধ্যে Na-এর পরিমাণ $= x - \frac{a \times 35·5}{143·5}$

অর্থাৎ $\frac{a \times 35·5}{143·5}$ গ্রাম Cl সংযুক্ত থাকে $\left(x - \frac{a \times 35·5}{143·5}\right)$ গ্রাম Na এর সহিত

অতএব 35·5 " " (Cl এর তুল্যাংক) সংযুক্ত থাকে

$$35·5 \times \left(x - \frac{a \times 35·5}{143·5}\right) \times \frac{143·5}{a \times 35·5}$$

বা, $\frac{143\ 5x - 35·5a}{a}$ গ্রাম Na-এর সহিত

অতএব সোডিয়ামের তুল্যাংক $= \frac{143·5x - 35\ 5a}{a}$

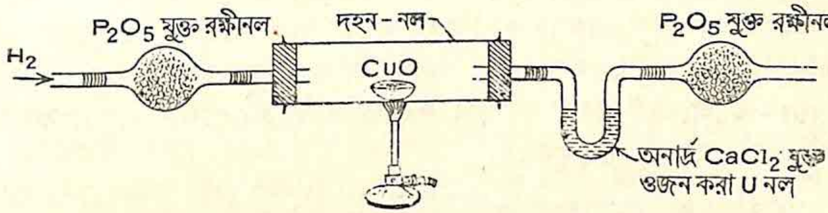
কয়েকটি অধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয়

অধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয়ে ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয়ের ন্যায় কয়েকটি পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়। যথা :

- অধাতু মৌল হাইড্রোজেন যোগে, হাইড্রাইড যৌগে পরিণত হয়। উৎপাদক অধাতু মৌলের ওজন ও উৎপন্ন হাইড্রাইড যৌগের ওজন হইতে অধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।
- অধাতু মৌলকে অক্সিজেন যোগে (বা ক্লোরিন যোগে) অক্সাইড যৌগে (বা ক্লোরাইড যৌগে) পরিণত করা হয়। উৎপন্ন অক্সাইডের বা ক্লোরাইডের ওজন ও উৎপাদক অধাতু মৌলের ওজন হইতে অধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।
- অধাতুর সহিত কোন একটি মৌলযুক্ত যৌগকে যদি বিক্রিয়ায় অধাতুর সহিত অপর একটি মৌলযুক্ত যৌগে পরিণত করা যায়, তাহা হইলে উৎপাদক ও উৎপন্ন যৌগের পরিমাণ এবং মৌলগুলির তুল্যাংক জ্ঞাত থাকিলে অধাতুর তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়।

☐ **অক্সিজেনের তুল্যাংকভার নির্ণয় :** একটি পোর্সিলেন বাটিকে শূন্য ওজন করিয়া পরে আবার কিছু বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইডসহ ওজন করা হইল। এই পোর্সিলেন বাটিটিকে, 7·4 নং চিত্রানুযায়ী (পৃঃ 173)একটি দুই মুখ খোলা দহন-নলের (combustion tube) মধ্যে স্থাপন করা হইল। নলটির একমুখ ফসফোরাস

পেণ্টক্সাইড (P_2O_5)-পূর্ণ একটি রক্ষী-নল (guard tube) মাধ্যমে একটি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস উৎসের সহিত যুক্ত করা হইল। দহন-নলটির অপর মুখ অনার্দ্র



চিত্র 7·4

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ একটি ওজন করা U-নল (U-tube) ও উহা আবার একটি ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড-পূর্ণ রক্ষীনলের সহিত যুক্ত করা হইল। রক্ষী-নলগুলি থাকার জন্য কোনদিক হইতে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) পূর্ণ U-নলে জলীয় বাষ্প প্রবেশ করিতে পারে না।

পরীক্ষার সূচনায়, সাধারণ উষ্ণতায় কিছুক্ষণ হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিয়া পরে দহন-নলটিকে বার্নার যোগে উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন চালনা চালু রাখা হইল। বিক্রিয়া ঘটে,

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইবার পর, পোর্সিলেন বাটির কিউপ্রিক অক্সাইড কপার (Cu) ধাতুতে পরিণত হয় ও উৎপন্ন স্টীম (H_2O) হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত হইয়া $CaCl_2$ যুক্ত U-নলে শোষিত হয়, ফলে উহার ওজন বাড়ে। পরীক্ষা শেষে শীতল করিয়া পোর্সিলেন বাটি ও $CaCl_2$-যুক্ত U-নলের ওজন লওয়া হইল—

শূন্য পোর্সিলেন বাটির ওজন $= a$ গ্রাম

পোর্সিলেন বাটি + গৃহীত CuO-এর ওজন $= b$ গ্রাম

∴ গৃহীত CuO-এর ওজন $= b - a$ গ্রাম

পরীক্ষা শেষে, পোর্সিলেন বাটি + উৎপন্ন Cu-এর ওজন $= c$ গ্রাম

বা, উৎপন্ন Cu-এর ওজন $= c - a$ গ্রাম

সুতরাং CuO হইতে বিমুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $= (b - a) - (c - a)$

$= b - c$ গ্রাম।

এই অক্সিজেন, H_2-এর সহিত বিক্রিয়ায় জলে পরিণত হইয়াছে।

পরীক্ষার পূর্বে $CaCl_2$ যুক্ত U-নলের ওজন $= d$ গ্রাম

পরীক্ষার শেষে $CaCl_2$-যুক্ত U-নলের ওজন $= e$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন জলের ওজন $= e - d$ গ্রাম

উৎপন্ন জলের ওজন − উৎপাদক অক্সিজেনের ওজন = হাইড্রোজেনের ওজন

$(e - d) - (b - c) =$ হাইড্রোজেনের ওজন।

$\therefore$ অক্সিজেনের তুল্যাংকভার $= \dfrac{b-c}{(e-d)-(b-c)} \times 1{\cdot}008$

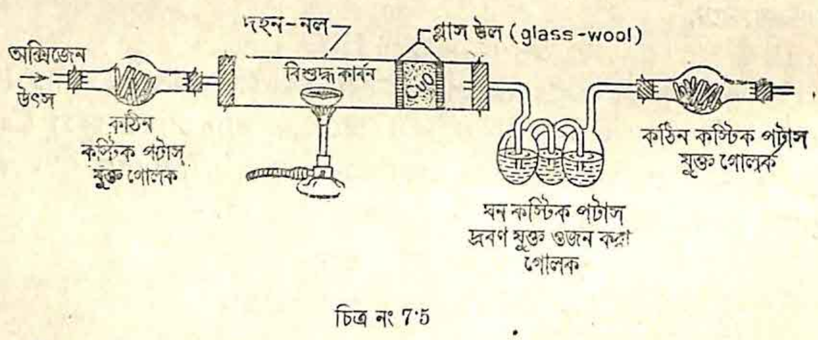
এইভাবে প্রকৃত পরীক্ষায়, অক্সিজেনের নির্ণীত তুল্যাংকভার $= 8$।

এখানে H-এর তুল্যাংকভার 1·008 ধরিয়া লইয়া অক্সিজেনের তুল্যাংকভার নির্ণীত হইয়াছে। **বিপরীতক্রমে, অক্সিজেনের তুল্যাংকভারকে 8·000 ধরিয়া লইলে, এই একই পরীক্ষা হইতে হাইড্রোজেনের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়ঃ সে ক্ষেত্রে,**

হাইড্রোজেনের তুল্যাংকভার $= \dfrac{(e-d)-(b-c)}{b-c} \times 8$

পরীক্ষাকালে নির্ণয় করিয়া দেখা যায়, এইভাবে নির্ণীত H-এর তুল্যাংকভার $= 1{\cdot}008$

☐ **কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয়ঃ** সতর্কভাবে, ইক্ষুশর্করা (cane sugar) বা সাধারণ চিনিকে উত্তপ্ত করিলে উহা ধীরে ধীরে পুড়িয়া কালো অংগার বা কার্বনে (carbon) পরিণত হয়। ইহা অতি বিশুদ্ধ কার্বন। এই বিশুদ্ধ কার্বন হইতে কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।



চিত্র নং 7·5

একটি পোর্সিলেন বাটিকে শূন্য ওজন করিয়া পরে আবার কিছু বিশুদ্ধ কার্বনসহ ওজন করা হইল। এই পোর্সিলেন বাটিটিকে 7·5 নং চিত্রানুযায়ী একটি দুই মুখ খোলা দহন-নলের মধ্যে স্থাপন করা হইল। নলটির এক মুখ কঠিন কষ্টিক পটাস-দণ্ড (solid caustic potash stick) যুক্ত একটি গোলক (রক্ষী-নল) মাধ্যমে বিশুদ্ধ অক্সিজেন গ্যাস উৎসের সহিত যুক্ত করা হইল। দহন-নলটির অপর মুখ ওজন করা ঘন কষ্টিক পটাস দ্রবণযুক্ত কয়েকটি গোলকের সমষ্টির (caustic potash bulbs) সহিত ও উহা আবার একটি কঠিন কষ্টিক পটাস-দণ্ডযুক্ত গোলকের (রক্ষী-নল) সহিত যুক্ত করা হইল। [রক্ষী-নলগুলি কোনদিক হইতে ওজন করা কষ্টিক পটাস দ্রবণযুক্ত গোলকে CO_2 গ্যাস প্রবেশ করিতে দেয় না।]

দহন-নলের মধ্যে পোর্সিলেন বাটিটি রাখার পর গ্লাসউল (glass wool) বা কাচতন্তুর দ্বারা প্লাগ (plug) করিয়া কিছু কঠিন CuO-ও রাখা হয়।

পরীক্ষার পূর্বে কিছুক্ষণ অক্সিজেন চালনার পর, দহন-নলটি বার্নার যোগে উত্তপ্ত করা হইল ও অক্সিজেন গ্যাস চালু রাখা হইল। বিক্রিয়া ঘটে :

$$C+O_2=CO_2$$

[যদি কোন কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় $2C+O_2=2CO$ তাহা হইলে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড উত্তপ্ত CuO স্তরের মধ্য দিয়া বাহিত হইবার কালে কার্বন ডায়ক্সাইডে পরিণত হয় : $CuO+CO=Cu+CO_2$ অর্থাৎ দহন-নল হইতে নির্গত গ্যাস শেষ পর্যন্ত সর্বদাই CO_2]

বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইবার পর পোর্সিলেন বাটির C অংশ তিরোহিত হয় এবং উৎপন্ন CO_2 কষ্টিক পটাস দ্রবণপূর্ণ গোলকে শোষিত হইয়া উহার ওজন বাড়ায়। পরীক্ষা শেষে, ঐ গোলকটিকে শীতল করিয়া আবার ওজন করা হয়।

শূন্য পোর্সিলেন বাটির ওজন $=a$ গ্রাম।
পোর্সিলেন বাটি + কার্বনের ওজন $=b$ গ্রাম।
গৃহীত কার্বনের ওজন $=(b-a)$ গ্রাম।

পরীক্ষার পূর্বে কষ্টিক পটাস দ্রবণ পূর্ণ গোলকের ওজন $=c$
পরীক্ষার পরে কষ্টিক পটাস দ্রবণপূর্ণ গোলকের ওজন $=d$ গ্রাম।
উৎপন্ন CO_2-এর ওজন $=(d-c)$ গ্রাম।
কার্বন ডায়ক্সাইডে যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $=(d-c)-(b-a)$

অতএব, $\dfrac{\text{কার্বনের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\dfrac{b-a}{(d-c)-(b-a)}$

সুতরাং কার্বনের তুল্যাংকভার $=\dfrac{b-a}{(d-c)-(b-a)}\times 8$

প্রকৃত পরীক্ষা করিলে দেখা যায় এইভাবে নির্ণীত কার্বনের তুল্যাংকভার = 3.

☐ ক্লোরিনের তুল্যাংকভার নির্ণয় :

নীতি : অনেক ধাতুই অনার্দ্র ক্লোরিনের সহিত উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া ধাতব ক্লোরাইডে পরিণত হয়। ধাতুটির তুল্যাংকভার যদি জানা থাকে, ধাতুর ওজন ও ধাতব ক্লোরাইডের ওজন হইতে, ক্লোরিনের তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়।

পদ্ধতি : চিত্র নং 7·4 অনুযায়ী একটি যন্ত্রসজ্জা লওয়া হইল। এই যন্ত্রসজ্জায় দহন নলের মধ্যে একটি পোর্সিলেন বাটিতে এক টুকরা সোডিয়াম ওজন করিয়া লওয়া হইল। দহন নলটির নীচে বার্নার যোগে সোডিয়ামকে উত্তপ্ত করিয়া, দহন নলটির একপ্রান্ত হইতে অনার্দ্র ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল। বিক্রিয়ায় সোডিয়াম, সোডিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$2Na+Cl_2=2NaCl$$

বিক্রিয়ার শেষে, পোর্সিলেন বাটিটিকে বাহির করিয়া শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন করা হইল।

গণনা ঃ শূন্য পোর্সিলেন বাটির ওজন $= a$ গ্রাম
পোর্সিলেন বাটি + সোডিয়ামের ওজন $= b$ গ্রাম

গৃহীত সোডিয়ামের ওজন $= (b-a)$ গ্রাম
পোর্সিলেন বাটি + উৎপন্ন সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= c$ গ্রাম
উৎপন্ন সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= (c-a)$ গ্রাম।

অতএব সোডিয়ামের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $= c-b$ গ্রাম
সোডিয়ামের জ্ঞাত তুল্যাংকভার $= 23$

$(b-a)$ গ্রাম সোডিয়াম যুক্ত হয় $(c-b)$ গ্রাম ক্লোরিনের সহিত

$\therefore$ 23 " " " " $\frac{23\times(c-b)}{(b-a)}$ " "

অতএব ক্লোরিনের তুল্যাংকভার $= \frac{23\times(c-b)}{(b-a)}$

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়, এইভাবে নির্ণীত ক্লোরিনের তুল্যাংকভার 35·45.

গাণিতিক উদাহরণ

(1) একটি ধাতব অক্সাইডে 60% ধাতু আছে ; ধাতুটির তুল্যাংকভার কত?
[নূতন উচ্চ মাধ্যমিক ঃ 1978]

ধাতব অক্সাইডে ধাতুর পরিমাণ—60%
$\therefore$ " " অক্সিজেনের " —40%

40 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 60 গ্রাম ধাতুর সহিত

$\therefore$ 8 গ্রাম " " " $\frac{8\times 60}{40}$ বা 12 গ্রাম ধাতুর সহিত

অতএব সংজ্ঞানুসারে ধাতুটির তুল্যাংকভার $= 12$

(2) 1·308 গ্রাম ধাতু হইতে 1·628 গ্রাম ধাতবঅক্সাইড পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাংকভার কি?

ধাতব অক্সাইডে যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ (1·628 − 1·308) বা 0·32 গ্রাম।
অর্থাৎ 0·32 গ্রাম অক্সিজেন 1·308 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত থাকে।

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{1{\cdot}308\times 8}{0{\cdot}32}$ বা 32·7 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত থাকে।

সুতরাং ধাতুটির তুল্যাংকভার $= 32{\cdot}7$।

(3) 0·3975 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া বিজারিত করা হইল এবং উৎপন্ন গ্যাসীয় বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থকে একটি পূর্বে ওজন করা গলিত $CaCl_2$ পূর্ণ নলের মধ্যে চালনা করিয়া দেখা গেল, নলটির ওজন 0·09 গ্রাম বৃদ্ধি পাইয়াছে। কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [H.S. 1964]

কিউপ্রিক অক্সাইডের সহিত H_2-এর বিক্রিয়ায় ধাতব কপার ও জল উৎপন্ন হয়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

উৎপন্ন গ্যাসীয় স্টীম গলিত $CaCl_2$ দ্বারা শোষিত হয়। $CaCl_2$ নলের ওজন বৃদ্ধি = শোষিত স্টীমের (বা জলের) পরিমাণ

জলের পরিমাণ = 0·09 গ্রাম

প্রতি 18 গ্রাম জলে, অক্সিজেন থাকে 16 গ্রাম

অতএব উৎপন্ন 0·09 " " " " $\frac{16 \times 0{\cdot}09}{18}$ বা, 0·08 গ্রাম

কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন = 0·3975 গ্রাম

অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন = 0·0800 গ্রাম

অতএব কপারের ওজন = 0·3175 গ্রাম

0·08 গ্রাম অক্সিজেন সংযুক্ত ছিল 0·3175 গ্রাম কপারের সহিত

$\therefore$ 8 " " " " $\frac{8 \times 0{\cdot}3175}{0{\cdot}08}$ বা 31·75 গ্রাম কপারের সহিত

$\therefore$ কপারের তুল্যাংকভার = 31·75

(4) কোন পরীক্ষায় দেখা গেল 0·224 গ্রাম Al ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 17°C উষ্ণতা ও 780 মি.মি. চাপে 285 সি.সি. হাইড্রোজেন বিমুক্ত করে। ধাতুটির তুল্যাংকভার কি ?

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে বিমুক্ত হাইড্রোজেনের আয়তন

$$= \left(285 \times \frac{273}{290} \times \frac{780}{760}\right) \text{ সি.সি.} = 275{\cdot}6 \text{ সি.সি.}$$

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম

$\therefore$ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 275·6 সি.সি. হাইড্রোজেনের ওজন

= 275·6 × 0·00009 বা, 0·0248 গ্রাম।

অর্থাৎ 0·0248 গ্রাম হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে 0·224 গ্রাম ধাতু।

$\therefore$ 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে = $\frac{0{\cdot}224 \times 1{\cdot}008}{0{\cdot}0248}$

= 9·10 গ্রাম ধাতু।

সুতরাং ধাতুটির তুল্যাংকভার = 9·10

(5) 0·04 গ্রাম কোনো ধাতুকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া যে হাইড্রোজেন পাওয়া গেল 15°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে উহার পরিমাণ 40 মি. লি.। ধাতুটির তুল্যাংক নির্ণয় কর। (15°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 12·5 মি. মি. ; 0°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে 1 মি. লি. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম) [H. S. (Comp.) 1969

হাইড্রোজেনের আয়তন (V) = 40 মি. লি.

" প্রকৃত চাপ(P) = (750 − 12·5) বা 737·5 মি. মি.

" উষ্ণতা = 273 + 15 = 288°A.

সংযুক্ত গ্যাস সূত্র হইতে,

$$\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$$

$$\frac{737{\cdot}5\times40}{288}=\frac{760\times V_1}{273}$$

∴ N.T.P.'তে হাইড্রোজেনের আয়তন $(V_1)=\frac{737{\cdot}5\times40\times273}{288\times760}$ মি. লি.

এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন $=\frac{737{\cdot}5\times40\times273}{288\times760}\times0{\cdot}00009$ গ্রাম

∴ ধাতুটির তুল্যাংকভার $=\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$$=\frac{0{\cdot}04\times760\times288}{737{\cdot}5\times40\times273\times0{\cdot}00009}=12{\cdot}08.$$

(6) কোনো ধাতুর 0·601 গ্রাম, লঘু HCl এতে দ্রবীভূত করিয়া 27°C উষ্ণতা ও 786·74 মি. মি. চাপে 61·55 মি. লি. হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। 27°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 26·74 মি. মি.।

ধাতুটির ক্লোরাইডের সংকেত যদি MCl_2 হয় (M = ধাতু), ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কত? [H.S. (Comp.) 1970]

N.T.P' তে হাইড্রোজেনের আয়তন x মি. লি. ধরিলে

$P_1=786{\cdot}74-26{\cdot}74$ $\qquad$ $P_2=760$ মি. মি.

$=760$ মি. মি.

$V_1=61{\cdot}55$ মি. লি. $\qquad$ $V_2=x$ মি. লি.

$T_1=273+27$ $\qquad$ $T_2=273°$A.

$=300°$A.

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_1}$$

$$\frac{760\times61{\cdot}55}{300}=\frac{760\times x}{273}$$

∴ N.T.P'তে হাইড্রোজেনের আয়তন $=\frac{760\times61{\cdot}55\times273}{300\times760}$

উৎপন্ন " ওজন $=\frac{760\times61{\cdot}55\times273}{300\times760}\times0{\cdot}00009$

অতএব ধাতুটির তুল্যাংকভার $=\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{গৃহীত হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$$=\frac{0{\cdot}601\times300\times760}{760\times61{\cdot}55\times273\times0{\cdot}00009}=12{\cdot}1$$

ধাতুটির ক্লোরাইডের সংকেত $= MCl_2$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা $= 2$

সুতরাং, ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা

$= 12{\cdot}1 \times 2 = 24{\cdot}2$

(7) 1·0813 গ্রাম আয়রন হইতে 3·1439 গ্রাম ফেরিক ক্লোরাইড যৌগ পাওয়া যায়। ঐ যৌগে আয়রনের তুল্যাংকভার কি ? [H.S. (Comp.) 1960]

ফেরিক ক্লোরাইডের ওজন = 3·1439 গ্রাম

আয়রনের ওজন = 1·0813 গ্রাম

$\therefore$ সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন = 2·0626 গ্রাম

2·0626 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয় 1·0813 গ্রাম আয়রন

$\therefore$ 35·46 " " " " " $\dfrac{1{\cdot}0813 \times 35{\cdot}46}{2{\cdot}0626}$

বা, 18·58 গ্রাম আয়রন

অতএব, ফেরিক ক্লোরাইড যৌগে আয়রনের তুল্যাংকভার = 18·58.

(8) 0·639 গ্রাম সিলভার ধাতুকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে HCl যোগে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপকে ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া জলে ধৌত ও পরে শুষ্ক করিয়া দেখা গেল উহার ওজন 0·8493 গ্রাম। সিলভারের তুল্যাংকভার কি ?

সিলভার ক্লোরাইডে যুক্ত ক্লোরিনের পরিমাণ = (0·8493 − 0·6390)

বা 0·2103 গ্রাম।

অর্থাৎ 0·2103 গ্রাম ক্লোরিন 0·639 গ্রাম সিলভারের সহিত যুক্ত থাকে।

$\therefore$ 35·50 গ্রাম ক্লোরিন $\dfrac{0{\cdot}639 \times 35{\cdot}50}{0{\cdot}2103}$ গ্রাম বা 107·8 গ্রাম সিলভারের সহিত যুক্ত থাকে।

অর্থাৎ সিলভারের তুল্যাংকভার = 107·8.

(9) 2·130 গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের বিক্রিয়া করান হইল। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডকে শুষ্ক করিয়া, ওজন করিয়া দেখা গেল ওজন 4·096 গ্রাম। পটাশিয়ামের তুল্যাংকভার কত ?

[Ag = 107·88 ; Cl = 35·46]

প্রথম পদ্ধতি : AgCl এর আণবিক ওজন = 107·88 + 35·46 = 143·34

প্রতি 143·34 গ্রাম AgCl এর মধ্যে 35·46 গ্রাম Cl থাকে

$\therefore$ 4·096 " " " $\dfrac{35{\cdot}46 \times 4{\cdot}096}{143{\cdot}34}$

বা, 1·013 গ্রাম Cl থাকে

এই Cl, KCl হইতে আসিয়াছে

KCl এর ওজন = 2·130 গ্রাম

Cl এর ওজন = 1·013 গ্রাম

∴ সংযুক্ত পটাশিয়ামের ওজন = 1·117 গ্রাম

1·013 গ্রাম Cl যুক্ত থাকে 1·117 গ্রাম পটাশিয়ামের সহিত

∴ 35·46 গ্রাম ,, ,, ,, $\frac{1·117 \times 35·46}{1·013}$

বা, 39·1 গ্রাম ,, ,,

অতএব পটাশিয়ামের তুল্যাংকভার = 39·1

দ্বিতীয় পদ্ধতি : ধরা যাক্ পটাশিয়ামের তুল্যাংকভার = x

$$\frac{\text{পটাশিয়াম ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{সিলভার ক্লোরাইডের ওজন}} = \frac{x+35·46}{107·88+35·46}$$

বা, $\frac{2·130 \text{ গ্রাম}}{4·096 \text{ গ্রাম}} = \frac{x+35·46}{107·88+35·46}$

∴ $x = 39·1$

সুতরাং পটাশিয়ামের তুল্যাংকভার = 39·1.

(10) 0·25 অ্যামপিয়ার (ampere) তড়িৎপ্রবাহ 1 ঘণ্টা ধরিয়া কোন কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে চালনা করিয়া দেখা গেল, 0·295 গ্রাম কপার উৎপন্ন হইয়াছে। কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

পদার্থ বিজ্ঞানের সূত্রানুসারে,

Q	=	C	×	t
তড়িতের পরিমাণ কুলম্ব (coulomb)		তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ অ্যামপিয়ার (ampere)		সময় সেকেণ্ড (second)

এখানে তড়িতের পরিমাণ = 0·25 × 60 × 60 = 900 কুলম্ব।

900 কুলম্ব তড়িৎ, 0·295 গ্রাম কপার উৎপন্ন করে।

∴ 96500 কুলম্ব তড়িৎ $\frac{0·295}{900} \times 96500$ গ্রাম বা 31·63 গ্রাম কপার উৎপন্ন করে।

96500 কুলম্ব দ্বারা উৎপন্ন ধাতুর পরিমাণই, উহার তুল্যাংকভার।

∴ কপারের তুল্যাংকভার = 31·63.

(11) কোন মৌলের 0·1827 গ্রাম ক্লোরাইডকে অক্সাইডে সম্পূর্ণভাবে রূপান্তরিত করিলে, উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন পাওয়া যায় 0·1057 গ্রাম। মৌলটির তুল্যাংকভার কত ? [Cl = 35·5]

মৌলটির তুল্যাংকভার ধরা যাক্ x.

অক্সিজেনের তুল্যাংকভার $=8$

ক্লোরিনের তুল্যাংকভার $=35\cdot5$

তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা হইতে $x+35\cdot5$ গ্রাম ক্লোরাইড হইতে $x+8$ গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$\therefore \quad \frac{x+8}{x+35\cdot5}=\frac{0\cdot1057}{0\cdot1827}$$

বা, $x=29\cdot74$

স্থতরাং মৌলটির তুল্যাংকভার $=29\cdot74$.

(12) একটি ধাতুর তুল্যাংকভার $12\cdot16$। এই ধাতুর কত পরিমাণ হইতে $0\cdot2391$ গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড পাওয়া যাইবে ?

$(12\cdot16+35\cdot46)$ বা $47\cdot62$ গ্রাম ক্লোরাইড পাওয়া যায় $12\cdot16$ গ্রাম ধাতু হইতে

$\therefore$ $0\cdot2391$ গ্রাম ,, ,, $\dfrac{0\cdot2391\times12\cdot16}{47\cdot62}$

বা, $0\cdot0608$ গ্রাম ধাতু হইতে

$\therefore$ ধাতুর পরিমাণ $=0\cdot0608$ গ্রাম।

(13) $0\cdot490$ গ্রাম ওজনের একটি ধাতু (M_1) অপর একটি ধাতুর লবণ (M_2) হইতে উহাকে $0\cdot664$ গ্রাম পরিমাণে বিমুক্ত করে। দ্বিতীয় ধাতুটির (M_2) তুল্যাংকভার 28 হইলে প্রথমটির তুল্যাংকভার কত ?

$$M_1 \quad + M_2X = M_1X \; + \; M_2$$

$0\cdot490$ গ্রাম $\qquad\qquad$ $0\cdot664$ গ্রাম

ধরা যাক্, প্রথম ধাতুটির তুল্যাংকভার $=x$

তুল্যাংকভার সূত্রানুসারে, $\dfrac{0\cdot490}{0\cdot664}=\dfrac{x}{28}$ বা $x=20\cdot67$

$\therefore$ প্রথম ধাতুটির তুল্যাংকভার $=20\cdot67$.

(14) $1\cdot020$ গ্রাম বেরিয়াম অক্সাইড হইতে HCl যোগে $1\cdot387$ গ্রাম বেরিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অক্সিজেনের তুল্যাংকভার 8 ও ক্লোরিনের তুল্যাংকভার $35\cdot456$ হইলে, বেরিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

ধরা যাক্, নির্ণেয় তুল্যাংকভার $=x$.

অতএব তুল্যাংকভার সূত্রানুসারে $(x+8)$ গ্রাম বেরিয়াম অক্সাইড— $(x+35\cdot456)$ গ্রাম বেরিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। প্রদত্ত সমস্যানুসারে এই বেরিয়াম অক্সাইড ও বেরিয়াম ক্লোরাইডের আনুপাতিক ওজন দেওয়া আছে ;

$$\therefore \quad \frac{x+8}{x+35\cdot456}=\frac{1\cdot020}{1\cdot387} \text{ বা } x=68\cdot3$$

স্থতরাং বেরিয়ামের তুল্যাংকভার $=68\cdot3$.

(15) (a) M সংকেত যুক্ত কোনো ধাতুর 0·2433 গ্রাম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে HNO_3 যোগে অম্লীকৃত করিয়া অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেটের সহিত বিক্রিয়ায় 0·6450 সিলভার-ক্লোরাইড পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাংকভার গণনা কর [Cl এর তুল্যাংকভার = 35·457 ; Ag এর যোজ্যতা = 1 ; Ag এর তুল্যাংকভার = 107·৪8]

(b) 0·2334 গ্রাম ঐ একই M ধাতু কপার সালফেট দ্রবণে যোগ করিলে, উহা সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া 0·2543 গ্রাম Cu অধঃক্ষিপ্ত করে। M ধাতুটির তুল্যাংকভার গণনা কর। [Cu এর পা : ও :—63·57]

উপরোক্ত দুইটি ক্ষেত্রে (a) এবং (b) হইতে গণিত M-এর তুল্যাংকভার বিভিন্ন কেন ব্যাখ্যা কর, এবং M ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কি বল, ও সম্ভব হইলে ধাতুটির নাম বল।

[H. S. 1967]

(a) ধরা যাক্ M ধাতুটির তুল্যাংক x.

$$\frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{সিলভার ক্লোরাইডের ওজন}} = \frac{x + 35·457}{107·88 + 35·457} = \frac{x + 35·457}{143·337}$$

বা, $$\frac{0·2433}{0·6450} = \frac{x + 35·457}{143·337}$$

$\therefore \quad x = 18·611$

প্রথম ক্ষেত্রে ধাতুটির নির্ণীত তুল্যাংকভার = 18·611

(b) Cu-এর তুল্যাংকভার $= \frac{\text{পা : ও :}}{\text{যোজ্যতা}} = \frac{63·57}{2} = 31·785$

$$\frac{\text{প্রতিস্থাপিত ধাতুর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপক কপারের ওজন}} = \frac{\text{ধাতুর তুল্যাংকভার}}{\text{কপারের তুল্যাংকভার}}$$

$$\therefore \quad \frac{0·2234}{0·2543} = \frac{x}{31·785}$$

অতএব, $x = 27·922$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ধাতুটির তুল্যাংকভার = 27·922

(a) ও (b) দুইটি ক্ষেত্রে একই ধাতু বিভিন্ন তুল্যাংকভার প্রদর্শন করিতেছে। ইহার কারণ দুইটি ক্ষেত্রে মৌলটির যোজ্যতা বিভিন্ন ($\because$ তুল্যাংকভার × যোজ্যতা = পারমাণবিক ওজন)।

(a)-এর ক্ষেত্রে সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন = $n_1 \times 18·611$

(n_1 = যোজ্যতা = 1, 2, 3 ইত্যাদি)

(b)-এর ক্ষেত্রে " " " = $n_2 \times 27·922$

(n_2 = যোজ্যতা = 1, 2, 3 ইত্যাদি)

যেহেতু, পারমাণবিক ওজন অপরিবর্তনীয়, অতএব, $n_1=2$, এবং $n_2=3$ হইলে—

$n_1\times 3$ অর্থাৎ $18{\cdot}611\times 3=55{\cdot}844$

এবং $n_2\times 2$, অর্থাৎ $27{\cdot}922\times 2=55{\cdot}844$

তবেই গুণফল (অর্থাৎ পা : ও :) একই হয়,

অতএব ধাতুটির (M) পারমাণবিক ওজন 55·844। Fe-এর পা : ও : 55·844।

স্থতরাং ধাতুটি Fe

(16) একটি দ্বিযোজী ধাতুর 0·1755 গ্রাম ও একটি ত্রিযোজী ধাতুর 0·1316 গ্রাম লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায়, 27°C উষ্ণতা ও 720 মি. মি. চাপে একই পরিমাণ হাইড্রোজেন অর্থাৎ 190 মি.লি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [C. U. I. Sc. 1952]

ধরা যাক্, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের N.T.P.'তে আয়তন x মি. লি.

$P_1=720$ মি. মি. $\qquad P_2=760$ মি. মি.

$V_1=190$ মি. লি. $\qquad V_2=x$ মি. লি.

$T_1=(273+27)^\circ A \qquad T_2=273^\circ A$

$$\therefore\quad \frac{720\times 190}{300}=\frac{760\times x}{273}$$

$$x=\frac{720\times 190\times 273}{300\times 760}\text{ মি. লি.}=163{\cdot}8\text{ মি. লি.}$$

$\therefore$ N.T.P'তে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন

$=163{\cdot}8\times 0{\cdot}00009$ [$\because$ 1 মি. লি. H_2 (N.T.P) $\equiv 0{\cdot}00009$ গ্রাম]

$=0{\cdot}0147$ গ্রাম

$$\therefore\ \text{ধাতুটির (দ্বিযোজী) তুল্যাংকভার}=\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}\times 1{\cdot}008$$

$$=\frac{0{\cdot}1755}{0{\cdot}0147}\times 1{\cdot}008=12$$

$\therefore$ ধাতুটির (দ্বিযোজী) পারমাণবিক ওজন $=12\times 2=24$

$$\text{আবার, ধাতুটির (ত্রিযোজী) তুল্যাংকভার}=\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}\times 0{\cdot}00009$$

$$=\frac{0{\cdot}1316}{0{\cdot}0147}\times 1{\cdot}008=9$$

$\therefore$ ধাতুটির (ত্রিযোজী) পারমাণবিক ওজন $=9\times 3=27$

তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন

(Equivalent weight and Atomic weight)

পূর্বে বর্ণনা ও প্রমাণ করা হইয়াছে যে, যে-কোন মৌলের তুল্যাংকভার, যোজ্যতা ও পারমাণবিক ওজনের মধ্যে একটি স্থির সম্পর্ক বিদ্যমান—

তুল্যাংকভার × যোজ্যতা = পারমাণবিক ওজন *

তুল্যাংকভার, ধাতু ও অধাতুর ক্ষেত্রে নানা পরীক্ষায় প্রত্যক্ষ নির্ধারণ করা যায়। মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন—মৌলের যোজ্যতা 1 হইলে উহার তুল্যাংকভারের সমান, মৌলের যোজ্যতা 2 হইলে উহার তুল্যাংকভারের দ্বিগুণ ইত্যাদি হইবে। কাজেই সঠিক পারমাণবিক ওজন জানিতে হইলে, তুল্যাংকভারের সহিত মৌলের যোজ্যতা নির্ধারণ প্রয়োজন। কিন্তু মৌলের যোজ্যতা নির্ণয়ের কোন সহজ ও প্রত্যক্ষ পদ্ধতি নাই। মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজনকে নির্ণীত তুল্যাংকভার দ্বারা ভাগ করিয়া যোজ্যতা নির্ণয় করা হয়। অর্থাৎ পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের সমস্যাটির সমাধান—

- প্রথমত, মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন (approx. at wt.) নির্ণয়।
- দ্বিতীয়ত, আনুমানিক পারমাণবিক ওজনকে, নির্ণীত তুল্যাংক দ্বারা ভাগ ও যোজ্যতা নির্ণয়।

$$\text{যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাংকভার}}$$

[এইভাবে নির্ণীত যোজ্যতাকে, সর্বদাই নিকটতম পূর্ণসংখ্যারূপে ধরিতে হইবে, কারণ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হয় না।]

- তৃতীয়ত, নির্ণীত যোজ্যতা ও তুল্যাংকের গুণফলরূপে সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়—

তুল্যাংকভার × যোজ্যতা = সঠিক পারমাণবিক ওজন

আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে, দুইটি গুরুত্বপূর্ণ নিয়ম বা সূত্র বিশেষ উপযোগী এবং সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে ইহাদের সাহায্য সাধারণত প্রায় অপরিহার্য। নিয়ম দুইটি :—

- **ডুলং ও পেটিটের সূত্র** (Dulong and Petit's Law)
- **মিতসারলিসের সমাকৃতি সূত্র** (Mitserlich's Law of Isomorphism)

* যে মৌলগুলির যোজ্যতা 1 উপরোক্ত সূত্রানুসারে তাহাদের তুল্যাংকভার = পারমাণবিক ওজন।

ডুলং ও পেটিটের সূত্র ঃ যে সকল মৌল—কঠিন পদার্থ, উহাদের আপেক্ষিক তাপের পরীক্ষা করিয়া ডুলং ও পেটিট একটি সিদ্ধান্তে উপনীত হন। **কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে উহাদের পারমাণবিক ওজন ও আপেক্ষিক তাপের (specific heat) গুণফল সর্বদাই 6·4 বা ইহার কাছাকাছি সংখ্যা,**—এই সিদ্ধান্তটিই ডুলং ও পেটিটের সূত্র।

পারমাণবিক ওজন × আপেক্ষিক তাপ = 6·4 (প্রায়)*

কঠিন মৌলগুলির ক্ষেত্রে উহাদের আপেক্ষিক তাপ পরীক্ষাযোগে নির্ণয় করিয়া ডুলং-পেটিট সূত্রের প্রয়োগ করিলে উহাদের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়। **সব কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে এই সূত্রটি প্রযোজ্য নয়। কার্বন, সিলিকন, বোরন এবং বেরিলিয়াম ইহারা ডুলং-পেটিট সূত্র অনুসরণ করে না।**

● **ডুলং-পেটিট সূত্র যোগে সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় ঃ**

(1) 1 গ্রাম কোন ধাতু লঘু HCl-এর সহিত N.T.P.'তে 1242 সি.সি. হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·238. ধাতুটির তুল্যাংকভার, পারমাণবিক ওজন ও যোজ্যতা নির্ণয় কর।

N.T.P.'তে 1 সি.সি. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম

∴ N.T.P.'তে 1242 সি.সি. হাইড্রোজেনের ওজন = 1242 × 0·00009 গ্রাম
= 0·1118 গ্রাম।

$$\text{সুতরাং, ধাতুটির তুল্যাংকভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{বিমুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{1 \cdot 0000}{0 \cdot 1118} \text{ বা } 8 \cdot 94$$

ডুলং-পেটিট সূত্রানুযায়ী ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন—

$$= \frac{6 \cdot 4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 238} \text{ বা } 26 \cdot 89$$

$$\text{আবার সূত্রানুযায়ী, যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাংকভার}} = \frac{26 \cdot 89}{8 \cdot 94} \text{ বা } 3$$

সুতরাং, ধাতুটির যোজ্যতা = 3

আবার সূত্রানুযায়ী, সঠিক পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা
= 8·94 × 3 = 26·82

সুতরাং, ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন = 26·82.

* পারমাণবিক ওজন ও আপেক্ষিক তাপের গুণফলকে একত্রে—**পারমাণবিক তাপ** (atomic heat) বলা হয়।

(2) কোন একটি ধাতব অক্সাইডের মধ্যে 30% অক্সিজেন ও 70% ধাতু আছে; ঐ ধাতুটির ক্লোরাইডে, ক্লোরিনের পরিমাণ 65·5%। N.T.P.'তে 100 মি.লি. ধাতব ক্লোরাইডের (গ্যাসীয় অবস্থায়) ওজন 0·72 গ্রাম। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·114। ধাতুটির তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। ধাতুটির ক্লোরাইডের সংকেত কি?

ধাতুটির অক্সাইডে—

30 গ্রাম অক্সিজেন, 70 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়

অতএব 8 ,, ,, $\frac{8 \times 70}{30}$ বা 18·66 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়

সুতরাং ধাতুটির তুল্যাংকভার—18·66.

ডুলং-পেটিট সূত্রানুসারে ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন

$$= \frac{6 \cdot 4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 114} = 56 \cdot 14$$

অতএব ধাতুটির যোজ্যতা $= \frac{56 \cdot 14}{18 \cdot 66} = 3 \cdot 008 = 3$

(∵ যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা)

অতএব ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $= 18 \cdot 66 \times 3 = 55 \cdot 98$

যেহেতু ধাতুটির যোজ্যতা 3, অতএব ধাতব ক্লোরাইডের স্থূল সংকেত $(MCl_3)_x$

ধরা যাক্ ক্লোরাইডের সঠিক আণবিক সংকেত $(MCl_3)_x$

100 মি.লি. ধাতব ক্লোরাইডের ওজন = 0·72 গ্রাম

22400 ,, ,, ,, ,, $= \frac{22400 \times 0 \cdot 72}{100}$

$= 161 \cdot 28$ গ্রাম

$\therefore \quad (MCl_3)_x = 161 \cdot 28$

$(55 \cdot 98 + 3 \times 35 \cdot 5)x = 161 \cdot 23$

বা $x = 1$ (প্রায়)

অতএব ক্লোরাইডের যথার্থ আণবিক সংকেত $= MCl_3$.

(3) একটি ধাতব অক্সাইডের সংকেত MO, এবং এই অক্সাইডে ধাতু (M) ও অক্সিজেনের (O) অনুপাত 3·5 : 1। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন ও আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর।

1 গ্রাম অক্সিজেন, 3·5 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত থাকে

∴ 8 ,, ,, 8×3·5 বা 28 গ্রাম ,, ,, ,,

অতএব ধাতুটির তুল্যাংকভার = 28

ধাতব অক্সাইডের সংকেত MO। এক পরমাণু ধাতু, 1 পরমাণু অক্সিজেনের (দ্বিযোজী) সহিত যুক্ত।

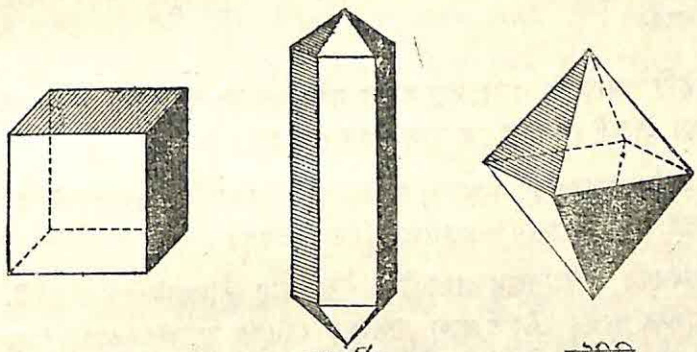
সুতরাং ধাতুটির যোজ্যতা = 2

∴ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = 2 × 28 = 56

ডুলং-পেটিট সূত্র হইতে,

$$\text{ধাতুর আপেক্ষিক তাপ} = \frac{6{\cdot}4}{\text{পাঃ ওঃ}} = \frac{6{\cdot}4}{56} = 0{\cdot}1143 \text{ (প্রায়)}$$

মিতসারলিসের সমাকৃতি সূত্রঃ রাসায়নিক নানা কঠিন পদার্থের মধ্যে অনেকগুলি কেলাস (crystal) বা স্ফটিক আকারে পাওয়া যায় (চিত্র নং 7·6)। উদাহরণঃ চিনি, নুন (বা সাধারণ লবণ), গন্ধক, কোয়ার্টজ, ফটকিরি, হাইপো (hypo) বা সোডিয়াম থায়োসালফেট (sodium thiosulphate) ইত্যাদি। এই কঠিন পদার্থগুলি সংপৃক্ত দ্রবণ (saturated solution) হইতে পৃথক হইবার কালে, জ্যামিতিক আকারযুক্ত হইয়া পৃথক হয়। কঠিন পদার্থের



চিত্র নং 7·6

নিজস্ব ধর্মানুযায়ী জ্যামিতিক আকারটি রম্বসাকৃতি (rhombic), ঘনকাকৃতি (cubic), সূচাকৃতি (monoclinic) ইত্যাদি নানারূপের হয়।

যখন দুইটি কঠিন পদার্থ একই জ্যামিতিক আকৃতিযুক্ত কেলাস গঠন করে, উহাদের 'সমাকৃতি কেলাস' (Isomorphous crystals) **বলা হয়।**

সমাকৃতি কেলাসের লক্ষণঃ

● দুইটি কেলাসের মূল আকৃতি এবং আকৃতির জ্যামিতিক তল (plane) গুলির মধ্যস্থ কোণ এক হয়।

● দুইটি সমাকৃতি কেলাসের মিশ্র দ্রবণকে কেলাসিত করিলে, উভয় কেলাসই একযোগে উৎপন্ন হয়। এই কারণে দুইটি সমাকৃতি যৌগ যেমন, $FeSO_4, 7H_2O$

এবং $ZnSO_4, 7H_2O$ একই দ্রবণে থাকিলে উহাদের 'আংশিক কেলাসন' (fractional crystallisation) দ্বারা পৃথক করা যায় না।

● একটি কেলাসের সংপৃক্ত দ্রবণে, অপর একটি সমাকৃতি কেলাস যোগ করিলে উহাকে কেন্দ্র করিয়া (overgrowth) সংপৃক্ত দ্রবণ হইতে অপর কেলাসটি দ্রুত পৃথক হইয়া পড়ে।

সমাকৃতি কেলাসের কয়েকটি উদাহরণ—

$ZnSO_4, 7H_2O$	K_2SO_4	$K_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$	$CaCO_3$
$FeSO_4, 7H_2O$	K_2SeO_4	$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$	$SrCO_3$
$MgSO_4, 7H_2O$	K_2CrO_4	$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$	$BaCO_3$
			$PbCO_3$
সমাকৃতি	সমাকৃতি	সমাকৃতি	সমাকৃতি

মিতসারলিস নানা সমাকৃতি পদার্থের বিশ্লেষণ ও সংকেত পরীক্ষার পর যে সিদ্ধান্তে উপনীত হন তাহাকে তিনি **'মিতসারলিসের সূত্র'** নামে নিম্নোক্ত ভাবে বিবৃত করেন :

দুইটি সমাকৃতি পদার্থের মধ্যে সম-সংখ্যক পরমাণু একই ভাবে যুক্ত থাকিয়া একই প্রকার কেলাস উৎপন্ন করে।

সমাকৃতিত্ব, পরমাণুর সংখ্যা ও অবস্থান এবং কেলাসটির প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল কিন্তু পরমাণুটির রাসায়নিক প্রকৃতির সহিত সম্পর্কশূন্য।

উদাহরণ : পটাসিয়াম সালফেট ও পটাসিয়াম সিলিনেট যৌগ দুইটি, সমাকৃতি কেলাস গঠন করে। ইহ'র মধ্যে প্রথমোক্ত যৌগের সংকেত জ্ঞাত আছে যে ইহা K_2SO_4। মিতসারলিসের সূত্রানুযায়ী—দ্বিতীয় যৌগটিরও অনুরূপ গঠন হইবে ; অর্থাৎ ইহার সংকেত যদি $K_2Se_xO_4$ হয়, তবে x-এর মান 1 হইবে, বা যৌগটি K_2SeO_4 হইবে। দ্বিতীয় যৌগটির যথার্থ সংকেত K_2SeO_4 হইলে তবেই প্রথম যৌগ K_2SO_4-এর সংগে মোট পরমাণুসংখ্যা সমান হইবে এবং মিতসারলিসের সূত্রের শর্ত পূরণ হইবে। যথার্থ বিশ্লেষণে, মিতসারলিসের সিদ্ধান্তই সমর্থিত হয়। মিতসারলিসের সূত্র সত্য বলিয়া স্বীকার করিলে, উহার অনুসিদ্ধান্তরূপে বলা যায়, দুইটি সমাকৃতি যৌগের মধ্যে পরস্পরের বিকল্প মৌল দুইটির (যেমন K_2SO_4 $3K_2SeO_4$ এর মধ্যে মৌল দুইটি S ও Se) যোজ্যতা সমান হয়।

● **মিতসারলিসের সূত্র যোগে আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় :**

(1) পটাসিয়াম সিলিনেট যৌগটি বিশ্লেষণ করিয়া উহা হইতে 35·75% সিলিনিয়াম (Se) পাওয়া যায়। পটাসিয়াম সালফেট যৌগটি বিশ্লেষণ করিয়া উহা হইতে 18.39% সালফার (S) পাওয়া যায়। এই দুইটি যৌগ সমাকৃতি কেলাস উৎপন্ন

করে। সালফারের পারমাণবিক ওজন 32 হইলে সিলিনিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

ধরা যাক্, সিলিনিয়ামের পারমাণবিক ওজন $= x$

পটাসিয়াম সালফেটের যৌগ সংকেত $= K_2SO_4$

মিতসারলিস সূত্রানুসারে, পটাসিয়াম সিলিনেটের যৌগ সংকেত $= K_2SeO_4$

$\therefore$ K_2SeO_4-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 39 + x + 4 \times 16 = 142 + x$

$\therefore$ সিলিনিয়ামের শতকরা ওজন $= \frac{100x}{142+x}$

আবার, সিলিনিয়ামের শতকরা ওজন দেওয়া আছে $= 35{\cdot}75$

$\therefore$ শর্তানুযায়ী, $\frac{100x}{142+x} = 35{\cdot}75$ (প্রায়)

বা, $x = 79$ (প্রায়)

অতএব, সিলিনিয়ামের পারমাণবিক ওজন $= 79$ (প্রায়)।

(2) A ও B সংকেতযুক্ত দুইটি ধাতুর অক্সাইড সমাকৃতি। A ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 52 এবং উহার ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব 79। B ধাতুটির অক্সাইডের মধ্যে 47·1% অক্সিজেন আছে। B ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

ধরা যাক্ A ধাতুটির ক্লোরাইডের সংকেত A_xCl_y

A'র ধাতব ক্লোরাইডের আণবিক ওজন $= 2 \times$ বাষ্প ঘনত্ব $= 2 \times 79 = 158$

অতএব, $A_xCl_y = 158$

বা $x \times 52 + y \times 35{\cdot}5 = 158$

ডাল্টনের পরমাণুবাদ হইতে আমরা জানি, x এবং y অবশ্যই পূর্ণসংখ্যা

$x \times 52 + y \times 35{\cdot}5 = 158$ এই সমীকরণটিতে $x = 1$ এবং $y = 3$ হইলে ($1 \times 52 + 3 \times 35{\cdot}5$) তবেই একমাত্র সমীকরণটি সত্য।

$\therefore$ A ধাতুটির ক্লোরাইডের সংকেত $= ACl_3$

এবং A ধাতুটির যোজ্যতা $= 3$.

যেহেতু A ও B সমাকৃতি অক্সাইড করে, অতএব সমাকৃতি সূত্রানুসারে A ও B'এর যোজ্যতা সমান।

$\therefore$ B'র যোজ্যতা $= 3$.

B ধাতুর অক্সাইডে,

47·1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় (100 − 47·1) বা 52·9 গ্রাম B'র সহিত

$\therefore$ 8 " " " $\frac{8 \times 52{\cdot}9}{47{\cdot}1}$ বা 8·99 " " "

অতএব B'র তুল্যাংকভার $= 8{\cdot}99$

সুতরাং B'র সঠিক পারমাণবিক ওজন $= 8{\cdot}99 \times 3 = 26{\cdot}97$

এস্থলে উল্লেখ করা প্রয়োজন, ডুলং-পেটিট সূত্রের ন্যায় মিতসারলিসের সূত্রেরও কিছু কিছু ব্যতিক্রম আছে। যেমন, যথার্থ সংকেত-সাদৃশ্য এবং যোজ্যতা-সাদৃশ্য না থাকিয়াও দুইটি যৌগ সমাকৃতি হয়।

$KClO_4$	K_2SO_4	$CaCO_3$
$BaSO_4$	K_2BeF_4	$NaNO_3$
সমাকৃতি	সমাকৃতি	সমাকৃতি

এই আপাত ব্যতিক্রম উদাহরণগুলির ব্যাখ্যা অবশ্য আছে এবং ইলেকট্রনীয় গঠনতত্ত্বের সহিত পরিচিত হইবার পর এইগুলির ব্যাখ্যা করা যায়।

মোল ধারণা যোগে তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন সংক্রান্ত গণনা

(1) কোন ধাতুর 5 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া 0·0846 গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া গেল ; ঐ একই পরিমাণ ধাতুকে বায়ুতে দীর্ঘ সময় ধরিয়া উত্তপ্ত করিয়া 6·35 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া গেল ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

$$\text{ধাতুর তুল্যাংকভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{5}{0{\cdot}0846} = 59{\cdot}1$$

ধাতুর অক্সাইডের ওজন = 6·35 গ্রাম

ধাতুর ওজন = 5·00 গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন = 1·35 গ্রাম

1·35 গ্রাম অক্সিজেন, 5 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

∴ 8 গ্রাম অক্সিজেন, $\frac{8 \times 5}{1{\cdot}35}$ বা 29·63 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং ধাতুর তুল্যাংকভার = 29·63.

● উপরোক্ত সমস্যার মোল ধারণায় সমাধান :

সংজ্ঞানুসারে মৌলের যে ওজন, 1 মোল তুল্যাংক (1 mole equivalent) হাইড্রোজেন পরমাণু (বা 1 গ্রাম হাইড্রোজেন) অথবা $\frac{1}{2}$ মোল তুল্যাংক ($\frac{1}{2}$ mole-equivalent) অক্সিজেন পরমাণুর (বা 8 গ্রাম অক্সিজেনের) সহিত যুক্ত হয়, বা প্রতিস্থাপিত হয়—উহাই মৌলটির তুল্যাংকভার।

ধরা যাক্, ধাতুটির তুল্যাংকভার = x.

প্রথম ক্ষেত্রে ঃ 1 মোল হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন = 1 গ্রাম (প্রায়)

$\therefore$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন মোল $= \frac{0.0846}{1} = 0.0846$

$$\frac{\text{1 মোল তুল্যাংক H}}{\text{ধাতুর তুল্যাংকভার}} = \frac{\text{0.0846 গ্রাম}}{\text{5 গ্রাম}}$$

বা, $\frac{1}{x} = \frac{0.0846}{5}$ $\therefore$ $x = \frac{5}{0.0846}$ বা 59.1

অতএব, প্রথম ক্ষেত্রে ধাতুটির তুল্যাংকভার = 59.1

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে অক্সাইডে ঃ

অক্সিজেনের মোল তুল্যাংক $= \frac{16}{2} = 8$

$$\frac{\frac{1}{2}\text{ মোল তুল্যাংক অক্সিজেন}}{\text{ধাতুর তুল্যাংক}} = \frac{\text{1.35 গ্রাম}}{\text{5 গ্রাম}}$$

বা, $\frac{8}{x} = \frac{1.35}{5}$ $\therefore$ $x = 29.63.$

অতএব দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, ধাতুটির তুল্যাংকভার = 29.63.

(2) কোন পরীক্ষায় 5.244 গ্রাম বেরিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় 7.235 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড ও উহা হইতে 5.445 গ্রাম সিলভার পাওয়া গেল। সিলভারের পারমাণবিক ওজন কত ?

[Ba-র পারমাণবিক ওজন 137].

বিক্রিয়া ঃ $BaCl_2 + 2AgNO_3 = Ba(NO_3)_2 + 2AgCl.$

উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন = 7.235 গ্রাম

উৎপন্ন সিলভারের ওজন = 5.445 গ্রাম

সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন = 1.790 গ্রাম

1.790 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় 5.445 গ্রাম সিলভারের সহিত।

$\therefore$ 35.5 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় $= \frac{35.5 \times 5.445}{1.790}$ বা 108 গ্রাম (প্রায়) সিলভারের সহিত।

অতএব সিলভারের পারমাণবিক ওজন = 108.

● **উপরোক্ত সমস্যার মোল ধারণায় সমাধান ঃ**

বোরিয়াম ক্লোরাইডের ($BaCl_2$) আণবিক ওজন $= 137 + 2 \times 35.5 = 208$

বিক্রিয়ায় বেরিয়াম ক্লোরাইড মোল $= \frac{5.244}{208}$

বিক্রিয়ায় 1 মোল বেরিয়াম ক্লোরাইডের সহিত 2 মোল Ag অংশ গ্রহণ করে।

$\therefore$ বিক্রিয়ায় সিলভারের মোল $= 2 \times \frac{5.244}{208}$

ধরা যাক্‌, সিলভারের পারমাণবিক ওজন $= x$

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী সিলভারের মোল $= \frac{5 \cdot 445}{x}$

অতএব, $\frac{5 \cdot 445}{x} = \frac{2 \times 5 \cdot 244}{208}$

$\therefore x = \frac{5 \cdot 445 \times 208}{2 \times 5 \cdot 244}$ বা 108 (প্রায়)

অতএব সিলভারের পারমাণবিক ওজন $= 108$.

অনুশীলনী

1. সংজ্ঞা লিখ—(i) 'তুল্যাংকভার' (ii) 'পারমাণবিক ওজন'। তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজনের পারস্পরিক সম্পর্ক কি ? প্রমাণ ও উদাহরণ যোগে বর্ণনা কর।

2. 'তুল্যাংকভার' কাহাকে বলে ? ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয়ের কয়েকটি পদ্ধতির নাম কর। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায় এমন একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

3. জিংকের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের সাধারণ প্রচলিত পদ্ধতিতে –

(a) জিংকের ওজন 0·08 হইতে 0·10 গ্রাম লওয়া হয় কেন ;

(b) পরীক্ষাটি উল্‌ফ্‌ বোতলে (Woulf's bottle) করা হয় না কেন ;

(c) যে ওয়াচ গ্লাসে জিংক লওয়া হয়, উহাকে একটি উপুড় করা ফানেল যোগে ঢাকিয়া দেওয়া হয় কেন ;

(d) বিক্রিয়ার কালে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যথেষ্ট মাত্রায় ব্যবহার করা হয় কেন ;

(e) হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াটি সুরু করার আগে দ্রবণে কয়েক বিন্দু লঘু কপার সালফেট-দ্রবণ যোগ করা হয় কেন ;

(f) দ্রবণে অতিরিক্ত কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা হয় না কেন ;

(g) ইউডিয়োমিটার নলে সংগৃহীত হাইড্রোজেনের আয়তন, একটি জলপূর্ণ লম্বা জারে নলটি প্রবিষ্ট করাইয়া, নলের জলতল ও জারের জলতল সমান করিয়া, পরে মাপা হয় কেন ;

(h) উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন মাপার কালে ব্যারোমিটারের চাপ ও পরীক্ষাগারের উষ্ণতা মাপা হয় কেন ;

(i) হাইড্রোজেনের আয়তন মাপার কালে, পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ মাপা হয় কেন ?

(উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদ – আদর্শ প্রশ্ন)

4. (a) "মৌলের তুল্যাংকভার পরীক্ষাধীন বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে"—এই উক্তিটি নিম্নোক্ত বিক্রিয়া দুটির পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাখ্যা কর—

(i) $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$

(ii) $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$

(b) কিছু কিছু মৌলের তুল্যাংকভার সকল বিক্রিয়ায় এক হয় না বলিয়া দেখা যায়, কেন ?

(c) কি সর্তে কোনো মৌলের তুল্যাংকভার, উহার পারমাণবিক ওজনের সহিত অভিন্ন হয় ? দুইটি উদাহরণ দাও।

(উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন)

5. কি কি পদ্ধতিতে অধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায় ? অক্সিজেনের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

6. নিম্নোক্ত মৌলগুলির তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পরীক্ষামূলক পদ্ধতি বর্ণনা কর—

(i) Cu (ii) Ag (iii) C (iv) H (v) Cl.

7. Zn-এর তুল্যাংকভার নির্ণয়—হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে, Cu-এর তুল্যাংকভার নির্ণয়—অক্সাইড উৎপাদন পদ্ধতিতে এবং Ag-এর তুল্যাংকভার নির্ণয়—ক্লোরাইড উৎপাদন পদ্ধতিতে করা হয় কেন? কেন বিভিন্ন ক্ষেত্রে, বিভিন্ন পদ্ধতি অনুসৃত হইয়া থাকে? (উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন)

8. মৌলের যোজ্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে নির্ণীত হয়? কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12। কার্বনের যোজ্যতা নির্ণয়ের জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

9. 1·3 গ্রাম Zn-এর সহিত H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় N.T.P.'তে 444·4 সি. সি. হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। Zn-এর তুল্যাংকভার কত? [*Ans*: 32·5]

10. 3 গ্রাম Al-এর সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়, N. T. P'তে কি পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে? Al-এর তুল্যাংকভার 9। [*Ans*: 370·4 সি. সি.]

11. অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় কোনো ধাতুর W গ্রাম N. T. P.-তে V সি. সি. হাইড্রোজেন বিমুক্ত করে; ধাতুটির তুল্যাংকভার কি? [*Ans*: $1000W/0{\cdot}09V$]

12. 17°C উষ্ণতা ও 754·5 মি. মি. চাপে 0·218 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অতিরিক্ত HCl যোগে বিক্রিয়ায় 218·2 সি. সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। 17° C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14·4 মি. মি. ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। (উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন) [*Ans*: 12·24]

13. একটি অশুদ্ধ জিংক নমুনার 1·04 গ্রাম অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 27°C. ও 782 মি. মি. চাপে 352·9 সি. সি. হাইড্রোজেন মুক্ত করে। জিংকের তুল্যাংকভার 32·7। জিংক নমুনাটির মধ্যে শতকরা কত পরিমাণ Zn আছে? [*Ans*: 93·5%]

14. 0·500 গ্রাম কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া পরে দ্রবণটিকে বাষ্পীভূত করিয়া অবশেষটিকে তীব্র উত্তপ্ত করা হইলে; অবশেষরূপে কপার অক্সাইডের ওজন পাওয়া গেল 0·626 গ্রাম। কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [*Ans*: 31·75]

15. 1 গ্রাম KCl এর সহিত অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণের বিক্রিয়ায় 1·926 গ্রাম AgCl পাওয়া গেল। Ag-এর তুল্যাংকভার '108 ও Cl-এর তুল্যাংকভার 35·5 ধরিয়া লইয়া, পটাশিয়ামের তুল্যাংকভার গণনা কর] [*Ans*: 39·006]

16. Sn সহযোগে H_2S (বাষ্প ঘনত্ব—17) উত্তপ্ত করিলে উহা হাইড্রোজেনে পরিণত হয়, কিন্তু আয়তন অপরিবর্তিত থাকে। সালফারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। (S-এর পাঃ ওঃ=32) [*Ans*: 16]

17. 1 গ্রাম $CaCl_2$-কে গাঢ় H_2SO_4 যোগে বিক্রিয়া করাইয়া 1·225 গ্রাম $CaSO_4$ পাওয়া গেল। ক্লোরিনের তুল্যাংকভার 35·5 ও SO_4 মূলকের তুল্যাংকভার 48 ধরিয়া লইয়া, Ca-এর তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [*Ans*: 20·06]

18. একটি ধাতুর (M) তিনটি উদ্বায়ী ক্লোরাইড যথাক্রমে 23·6, 38·2 এবং 48·3% Cl আছে। ক্লোরাইডগুলির বাষ্প ঘনত্ব যথাক্রমে 74·6, 92·9 এবং 110·6। ধাতুটির যথার্থ পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর এবং ক্লোরাইডগুলির সংকেত লিখ। [*Ans*: 114·8 ; MCl, MCl_2, MCl_3]

19. 0·500 গ্রাম টিনের একটি নমুনা হইতে 0·633 গ্রাম টিন অক্সাইড পাওয়া গেল। টিনের তুল্যাংকভার 29·7। টিন নমুনাটির বিশুদ্ধতার শতকরা মাত্রা নিরূপণ কর। [*Ans*: 99·74%]

20. (a) অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16। একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন গ্রাম এককে কিরূপে নির্ণেয়? ঐ নির্ণীত মান হইতে 1 a.m.u. এর মান কিরূপে জানা যাইবে?

(b) a.m.u. এককটি ব্যাখ্যা কর। (উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন)

21. 'পারমাণবিক তাপ' কি? 'ডুলং পিটিটের সূত্র' বিবৃত কর। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে অ্যালুমিনিয়ামের মাত্রা 52·9%। Al-এর যোজ্যতা 3। অ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ ও পারমাণবিক তাপ নির্ণয় কর। [*Ans*: 0·24 ; 6·48]

22. একটি মৌল কয়েকটি উদ্বায়ী যৌগ করে। উহার পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের প্রচলিত পদ্ধতি কি? এই পদ্ধতিতে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়কে ভিত্তি করিয়া পারমাণবিক ওজনের একটি সংজ্ঞা প্রস্তাব কর।

(উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন)

23. একটি কঠিন মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন কিরূপে সাধারণতঃ নির্ণয় করা হয়? যে নিয়মের উপর, এই নির্ণয় করা হয়—সেই নিয়মটি বিবৃত কর। কয়েকটি কঠিন মৌলের নাম কর যাহাদের পারমাণবিক ওজন ঐরূপ পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায় না। (উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন)

24. কোনো মৌলের আপেক্ষিক তাপ 0·03। ঐ মৌলের যে অক্সাইড যৌগ পাওয়া যায় উহাতে অক্সিজেনের পরিমাণ 10%। মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (Jt. Entr. 1974, 1972)

[*Ans*: 216]

25. কোনো ধাতুর 164 মিলিগ্রাম HCl-এ দ্রবীভূত করিয়া N. T. P.'তে 31 সি. সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইল। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। (Jt. Entr. 1973) [*Ans*: 58·8)

26. কোনো মৌল *M*'এর ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব 66·75 ; মৌলটির অক্সাইডে মৌলটির মাত্রা 53%। মৌলটির যোজ্যতা ও পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (Jr. Entr. 1970) [*Ans*: 3 ; 27]

27. কোনো ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·214 ; ঐ ধাতুর 0·1 গ্রাম HCl-এ দ্রবীভূত করিলে N.T.P.'তে 124·4 সি. সি. অনার্দ্র হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর এবং উহার অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সংকেত লিখ। (C. U. I. Sc.)

[*Ans*: পাঃ ওঃ 26·80 ; যোজ্যতা 3 ; অক্সাইডের সংকেত M_2O_3
ক্লোরাইডের সংকেত MCl_3 ; M=ধাতুর প্রতীক]

28. কোনো ধাতুর ক্লোরাইডে 47·22% ধাতু আছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·094। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? [*Ans*: 63·4]

29. অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে 52·9% Al আছে। Al-এর যোজ্যতা 3। অ্যালুমিনিয়ামের আনুমানিক আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর।

30. 0·1 গ্রাম ধাতু HCl দ্রবণে, N. T. P''তে 124·4 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর ও ধাতুটির অক্সাইড এবং ক্লোরাইডের সংকেত লিখ।

(ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·214) [*Ans*: 26·80 ; M_2O_3 & MCl_3 : M=ধাতু]

31. মিতসারলিসের সমাকৃতি সূত্র' বিবৃত কর। 'সমাকৃতি যৌগ' কাহাকে বলে? গ্রীন ভিট্রিয়ল (green vitriol) ও হোয়াইট ভিট্রিয়লকে (white vitriol) সমাকৃতি বলা হয় কেন? কোনো মৌল *M* যে ক্লোরাইড উৎপন্ন করে উহাতে ক্লোরিনের ওজন অনুপাতে মাত্রা 29·34% ; ঐ ক্লোরাইড যৌগটি KCl-এর সহিত সমাকৃতি। *M*-এর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (C. U. I. Sc) [*Ans*: 85·5]

32. পটাশিয়াম পার্মাংগানেট ($KMnO_4$) ও পটাশিয়াম পারক্লোরেটের ($KClO_4$) কেলাস সমাকৃতি। $KMnO_4$-এর মধ্যে 34·81% Mn থাকে। Mn-এর পারমাণবিক ওজন কত? [*Ans*: 54]

33. একটি মৌল (*A*)র দ্বারা গঠিত কতকগুলি যৌগের বাষ্প-ঘনত্ব যথাক্রমে 8·5, 15, 22, 23 এবং যৌগগুলিতে অবস্থিত মৌলের শতকরা অনুপাতগুলি যথাক্রমে 82·3, 46·57, 63·6, 60·87। মৌলটির (*A*) পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। মৌলটি কি? [*Ans*: 14 (নাইট্রোজেন)]

অষ্টম অধ্যায়	**অম্ল, ক্ষার ও লবণ** অম্ল, ক্ষার, লবণ ঃ সংজ্ঞা ও শ্রেণীবিভাগ—অক্সাইড শ্রেণীর প্রকৃতি—প্রশমন, অম্ল ও ক্ষার লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ—অম্ল, ক্ষার ও লবণের তুল্যাংকভার—ষ্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ—নর্মাল, মোলার ও ফর্মাল দ্রবণ—প্রশমন—নির্দেশক—টাইট্রেশন পরীক্ষা—অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির নানা গণনা।

অম্ল, ক্ষারক ও লবণ
(Acids, Bases & Salts)

অগণিত মানুষের মধ্যে পৃথকভাবে প্রতিটি মানুষেরই নিজস্ব অস্তিত্ব ও নিজস্ব প্রকৃতি আছে। কোন মানুষের সহিত বিশিষ্টভাবে পরিচিত না হইলে তাহার সম্পূর্ণ প্রকৃতি জানা সম্ভব নয় ; কিন্তু মোটামুটি ভাবে একটি মানুষের কিছু সাধারণ ধর্ম, আচার-আচরণ সম্বন্ধে ধারণা করা সম্ভব। এই ধারণা করা তখনই সম্ভব হয়, যখন আমরা মানুষটি কোন্ শ্রেণীভুক্ত তাহা জানিতে পারি। এই শ্রেণী বিভাগ নানা ভিত্তিতে করা যায়। জাতি, পেশা, শিক্ষাগত মান, অর্থনৈতিক মান—যে-কোন একটিকে মানুষের শ্রেণীবিন্যাসের ভিত্তিস্বরূপ গ্রহণ করা যায়। যেমন, বাঙালী জাতিরূপে বাঙালী মাত্রেই ভাষা, খাদ্য, আচার, ধর্ম প্রভৃতি কতকগুলি সাধারণ সাদৃশ্যের অধীন। পেশাগত শ্রেণীতে অধ্যাপক, চিকিৎসক, ইঞ্জিনিয়ার, কৃষক, শ্রমিক প্রভৃতি প্রত্যেকেই ব্যক্তিনির্বিশেষে কতকগুলি সাধারণ লক্ষণের অধীন। অর্থাৎ, সমষ্টিগতভাবে কোনো শ্রেণীর সাধারণ ধর্ম জানা থাকিলে, শ্রেণীর অন্তর্গত ব্যক্তির ধর্মের মোটামুটি ধারণা করা সম্ভব।

রসায়নেও অগণ্য যৌগ আছে। কতকগুলি সাধারণ ধর্ম ও লক্ষণের সাদৃশ্যের ভিত্তিতে ইহাদের অনেকগুলিকেই কতকগুলি বৈশিষ্ট্যযুক্ত শ্রেণীভুক্ত করা যায়। ইহার উপযোগিতা এই যে এই শ্রেণীগুলির ধর্ম ও লক্ষণ জানা থাকিলে, শ্রেণীভুক্ত যে-কোন যৌগের সাধারণ কতকগুলি ধর্মের ধারণা সহজেই করা যায় এবং সেই ধর্মানুসারে কোন যৌগ, বিক্রিয়ায় কি ভূমিকা গ্রহণ করে তাহারও পূর্বাভাস জানা যায়।

অগণ্য রাসায়নিক যৌগের মধ্যে—অম্ল (acid), ক্ষারক (base) এবং লবণ (salt)—এই তিনটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য ও গুরুত্বপূর্ণ শ্রেণী। বহু যৌগই, এই তিনটি শ্রেণীর কোন না কোনটির অন্তর্ভুক্ত।

অম্ল, ক্ষারক ও লবণের সংজ্ঞা এবং তাহাদের সাধারণ লক্ষণ ও বৈশিষ্ট্যগুলি, রসায়নের নানা পাঠে ও আলোচনায় বিশেষ সহায়ক।

অম্ল (Acids)

সংজ্ঞা ঃ ● হাইড্রোজেন যুক্ত যে যৌগের অণু হইতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু, ধাতু বা 'ধাতু প্রতিভূ মৌলবর্গ'* দ্বারা প্রতিস্থাপনযোগ্য

* যেমন NH_4 : একটি নাইট্রোজেনের পরমাণু ও চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সম্মিলিত রূপের এই মূলকটি, ধাতুর ন্যায় বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

(এবং ঐরূপ প্রতিস্থাপনের ফলে **লবণ** উৎপন্ন হয়), ঐ যৌগকে অম্ল বা অ্যাসিড বলা হয়।

● আয়নতত্ত্বের ভিত্তিতে, **যে হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগের অণু জলীয় দ্রবণে বিযোজিত হইয়া, একমাত্র ধনাত্মক আয়ন রূপে (positively charged ion) হাইড্রোজেন আয়ন বা H^+ আয়ন (hydrogen ion বা H^+ ion) উৎপন্ন করে*, ঐ যৌগকে অম্ল বলা হয়।**

উদাহরণ ঃ H_2SO_4, HCl, HNO_3 ইত্যাদি যৌগগুলি অম্ল।

$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$ (Zn দুইটি H-কে প্রতিস্থাপন করিয়াছে)

$2HCl + Fe = FeCl_2 + H_2$ (Fe দুইটি H-কে প্রতিস্থাপন করিয়াছে)

$2HNO_3 + Mg = Mg(NO_3)_2 + H_2$ (Mg দুইটি H-কে প্রতিস্থাপন করিয়াছে)

$HCl + NH_4OH = NH_4Cl + H_2O$ [NH_4 (ধাতু প্রতিভূ মৌলবর্গ) একটি H-কে প্রতিস্থাপন করিয়াছে]

আবার জলীয় দ্রবণে, আয়নীভবনের বিচারে,

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

□ অম্লের কতকগুলি সাধারণ ধর্ম ঃ

● অম্লের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি, ধাতু বা ধাতু প্রতিভূ-মৌলবর্গের দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগে রূপান্তরিত হয় উহাকে **লবণ** (salt) বলে।

ধাতু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের সহিত বিক্রিয়ায়, অম্ল মাত্রেরই H-অংশ আংশিক বা পূর্ণ প্রতিস্থাপিত হইয়া, লবণ উৎপন্ন হয়।

$H_2SO_4 + Zn = \underset{\text{লবণ}}{ZnSO_4} + H_2$ (পূর্ণ প্রতিস্থাপন)

$2H_2SO_4 + 2Na = \underset{\text{লবণ}}{2NaHSO_4} + H_2$ (আংশিক প্রতিস্থাপন)

● অম্ল মাত্রেই ক্ষারকের (base) বা ক্ষারের (alkali) সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জলে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{অম্ল}}{2HCl} + \underset{\text{ক্ষারক}}{CaO} = \underset{\text{লবণ}}{CaCl_2} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{অম্ল}}{H_2SO_4} + \underset{\text{ক্ষার}}{2NaOH} = \underset{\text{লবণ}}{Na_2SO_4} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

---

* প্রকৃতপক্ষে H^+ আয়ন, জলীয় দ্রবণে সর্বদাই H_3O^+ আয়ন বা হাইড্রক্সোনিয়াম আয়ন (hydroxonium ion) রূপে বিরাজ করে।

$$H^+ + H_2O = H_3O^+$$

এই বিক্রিয়ার শেষে অম্ল ও ক্ষারক (বা ক্ষার) উভয়েরই শ্রেণীবৈশিষ্ট্য লুপ্ত হয় এবং এই জাতীয় বিক্রিয়াকে **প্রশমন** (neutralisation) বলা হয়।

● অম্লগুলি অতি মৃদু না হইলে উহার একটি টক্ স্বাদ থাকে। বস্তুত অম্ল বা 'অ্যাসিড' শব্দটির অর্থই টক (acidus = sour)।

● বহু অম্ল জলীয় দ্রবণে—নীল লিটমাস (litmus) দ্রবণকে লাল করে ; মিথাইল অরেঞ্জ (methyl orange) দ্রবণকে লাল করে এবং আরো নানা নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন করে।

● বহু অম্ল, কার্বনেট লবণের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডায়ক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2HCl + CaCO_3 = CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$
$$H_2SO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2\uparrow$$

□ **অম্লের শ্রেণীবিভাগ :**

● **উপাদানগত শ্রেণীবিভাগ—হাইড্রাসিড ও অক্সিঅ্যাসিড :** কতক অম্লের রাসায়নিক উপাদানে হাইড্রোজেন এবং (অক্সিজেন ব্যতীত) অন্য এক বা একাধিক অধাতু মৌল থাকে। এই অ্যাসিডগুলিকে **হাইড্রাসিড** (Hydracid) বলা হয়।

উদাহরণ : HCl, HBr, HI, HCN, HN_3, H_2S ইত্যাদি।

কতক অম্লের রাসায়নিক উপাদানে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন উভয়ই বর্তমান থাকে এবং তাহার সহিত অন্য মৌল বর্তমান থাকে ; অন্য মৌলটি অধাতু বা ধাতু উভয়ই হইতে পারে। এই অ্যাসিডগুলিকে **অক্সিঅ্যাসিড** (Oxyacid) বলা হয়।

উদাহরণ : H_2SO_4, HNO_3, $HClO_4$, CH_3COOH, H_2CrO_4, $HMnO_4$ ইত্যাদি।

□ **উৎসগত শ্রেণীবিভাগ—জৈব ও অজৈব অ্যাসিড :** সপ্রাণ উদ্ভিদ ও প্রাণীজগতে বহু অম্লের অস্তিত্ব লক্ষ্য করা যায়। অবশ্য এগুলির অধিকাংশই এখন পরীক্ষাগারে প্রস্তুত সম্ভব হইয়াছে। এই অম্লগুলির উপাদানে সর্বদাই কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন* বর্তমান থাকে। এগুলিকে **জৈব অ্যাসিড** (organic acid) বলা হয়। প্রকৃতিতে এগুলির কোন লবণ, খনিজরূপে পাওয়া যায় না।

উদাহরণ : সাইট্রিক অ্যাসিড ($C_6H_8O_7$), ল্যাক্‌টিক অ্যাসিড ($C_3H_6O_3$), অ্যাসেটিক অ্যাসিড ($C_2H_4O_2$) ইত্যাদি।

যে অম্লগুলিকে অজৈব উৎস (যেমন খনিজ) হইতে পাওয়া যায় সেই অম্লগুলিকে **অজৈব অ্যাসিড** (inorganic acid) বলা হয়। একমাত্র কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3) ছাড়া এই অ্যাসিডগুলিতে কার্বন উপাদান থাকে না।

উদাহরণ : H_2SO_4, H_3PO_4, HNO_3 ইত্যাদি।

যে অজৈব অ্যাসিডগুলির লবণ খনিজরূপে সহজপ্রাপ্য, যেমন HCl, HNO_3, H_2SO_4, এগুলিকে কখনো কখনো **খনিজ অ্যাসিড** (mineral acid) বলা হয়।

---

* কখনো কখনো সালফার এবং নাইট্রোজেনও বর্তমান থাকে।

● **প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের মাত্রানুপাতে শ্রেণীবিভাগ ঃ** অম্লের একটি অণুর মধ্যে, প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা—

1 হইলে, উহাকে একক্ষারীয় অম্ল (monobasic acid) বলা হয় ;
উদাহরণ ঃ HCl, HNO_3, CH_3COOH ইত্যাদি।

2 হইলে, উহাকে দ্বিক্ষারীয় অম্ল (dibasic acid) বলা হয় ,
উদাহরণ ঃ H_2CO_3, H_2SO_3, H_2SO_4 ইত্যাদি।

3 হইলে, উহাকে ত্রিক্ষারীয় অম্ল (tribasic acid) বলা হয় ;
উদাহরণ ঃ H_3PO_4, H_3BO_3 ইত্যাদি।

4 হইলে, উহাকে চতুঃক্ষারীয় অম্ল (tetrabasic acid) বলা হয়।
উদাহরণ ঃ $H_4P_2O_7$ ইত্যাদি।

□ **অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা বা ক্ষারকীয়তা** (Basicity of an acid) :

n ক্ষারীয় অম্ল হইতে, জলীয় দ্রবণে *n* সংখ্যক H^+ আয়ন উৎপন্ন হয়। *n* ক্ষারীয় অম্লের *n* সংখ্যাটিকে 'অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা' বলা হয়।

যেমন, H_2SO_4 এর ক্ষারগ্রাহিতা 2।

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$
$$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{--}$$
$$\overline{H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}}$$

কোন অম্লের একটি অণু যতগুলি সংখ্যক একাম্ল-ক্ষারের (monacidic acid) (অর্থাৎ পরমাণুতে একটি OH-মূলক আছে এমন ক্ষারের) অণু দ্বারা পূর্ণ প্রশমিত হয়, ঐ সংখ্যাটিকে '**অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা**' বলা হয়।

$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$ (H_2SO_4-এর ক্ষারগ্রাহিতা 2)
$H_3PO_4 + 3KOH = K_3PO_4 + 3H_2O$ (H_3PO_4-এর ক্ষারগ্রাহিতা 3)

● **উৎপন্ন H^+-আয়নের মাত্রাভেদে শ্রেণীবিভাগ—তীব্র অম্ল, মৃদু অম্ল ঃ** যে অম্ল জলীয় দ্রবণে অধিক মাত্রায় আয়নিত হইয়া, অধিক মাত্রায় H^+ আয়ন উৎপন্ন করে, উহাকে **তীব্র অম্ল** (strong acid) এবং যে অম্ল জলীয় দ্রবণে তুলনামূলকভাবে কম মাত্রায় আয়নিত হইয়া কম মাত্রায় H^+-আয়ন উৎপন্ন করে, উহাকে **মৃদু অম্ল** (weak acid) বলা হয়।

	অজৈব	জৈব
তীব্র অম্ল	$HClO_4$ HCl HNO_3 H_2SO_4	$CCl_3.COOH$ (ট্রাইক্লোরো- অ্যাসেটিক অ্যাসিড)
মৃদু অম্ল	H_2CO_3 H_2SO_3 H_3PO_4 H_2S HCN	CH_3COOH C_6H_5OH

ক্ষারক ও ক্ষার (Base and alkali)

সংজ্ঞা ঃ যে যৌগগুলি, অম্লকে প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে, সেই যৌগগুলিকে ক্ষারক (base) বলা হয়। ধাতু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের অক্সাইড ও হাইড্রকসাইডগুলি ক্ষারক।

উদাহরণ ঃ Na_2O, ZnO, $Al(OH)_3$, $Mg(OH)_2$ ইত্যাদি ক্ষারক।

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{ZnO}+\underset{\text{অম্ল}}{2HCl}=\underset{\text{লবণ}}{ZnCl_2}+\underset{\text{জল}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{2Al(OH)_3}+\underset{\text{অম্ল}}{3H_2SO_4}=\underset{\text{লবণ}}{Al_2(SO_4)_3}+\underset{\text{জল}}{6H_2O}$$

ক্ষারক দুই শ্রেণীর ঃ জলে দ্রাব্য ও জলে অদ্রাব্য। যেমন,

	জলে দ্রাব্য	জলে অদ্রাব্য
অক্সাইড ক্ষারক	Na_2O, K_2O, CaO, BaO, SrO ইত্যাদি	FeO, ZnO, CuO, Al_2O_3, SnO, SnO_2, PbO ইত্যাদি
হাইড্রক্সাইড ক্ষারক	$NaOH$, KOH, $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ $Sr(OH)_2$, NH_4OH ইত্যাদি	$Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$ $Mg(OH)_2$, $Cu(OH)_2$ ইত্যাদি

জলে দ্রাব্য অক্সাইড ক্ষারকগুলি, জলীয় দ্রবণে আর অক্সাইডরূপে থাকে না উহারা হাইড্রক্সাইড ক্ষারকে পরিণত হয়।

$$Na_2O+H_2O=2NaOH$$
$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

সংজ্ঞা ঃ জলে দ্রাব্য যে ধাতব বা ধাতুপ্রতিম মূলকের হাইড্রক্সাইড ক্ষারকগুলি অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে, উহাদের ক্ষার (alkali) বলা হয়।

সকল ক্ষারই ক্ষারক, কিন্তু সকল ক্ষারক ক্ষার নয়।

ক্ষারমাত্রেই জলীয় দ্রবণে আয়নিত হইয়া একমাত্র ঋণাত্মক আয়নরূপে (nagatively charged ion) দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন (hydroxyl ion) বা OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$
$$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2OH^-$$
$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

□ **ক্ষারের কতকগুলি সাধারণ ধর্ম :**

● ক্ষারমাত্রেরই অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় প্রশমিত হইয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

● ক্ষার সাধারণত কটু স্বাদের হয়।

● ক্ষারের জলীয় দ্রবণ স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল লাগে। সাবানের মধ্যে ক্ষার থাকে বলিয়াই সাবানের দ্রবণ পিচ্ছিল।

● তীব্র ক্ষার, জৈব ও উদ্ভিদজাত কোষ বিনষ্ট করে।

● ক্ষার নানা নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন করে ; ক্ষারে লাল লিটমাস দ্রবণ নীল হয়, ফিনোল্‌প্‌থ্যালিন দ্রবণ গোলাপী হয়, মিথাইল অরেঞ্জ দ্রবণ হলুদ হয়।

● কোন ধাতুর দ্রাব্য লবণের দ্রবণে, ক্ষার যোগ করিলে—ধাতুটির হাইড্রকসাইড যদি অদ্রাব্য হয়, তাহা হইলে ঐ হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$MgCl_2 + 2NaOH = Mg(OH)_2 \downarrow + 2NaCl$$
$$AlCl_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl.$$

□ **ক্ষারকের শ্রেণীবিভাগ :**

● **উৎসগত শ্রেণীবিভাগ—জৈব ও অজৈব ক্ষারক।**

ক্ষারক জৈব ও অজৈব উভয় শ্রেণীর হইতে পারে। জৈব ক্ষারকগুলি সর্বদাই কার্বন এবং প্রায়শঃ নাইট্রোজেন যুক্ত হয় ; যথা, জৈব অ্যামিন যৌগ সমূহ, পিরিডিন (C_6H_5N), অ্যানিলিন ($C_6H_5NH_2$) অ্যালকালয়েড বর্গের যৌগ ইত্যাদি।

জৈব ক্ষারকগুলি, অজৈব ক্ষারকের ন্যায় অম্লকে প্রশমিত করে, কিন্তু সঙ্গে কোন জল সহোৎপন্ন হয় না।

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} + HCl = \underset{\text{অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড লবণ}}{C_6H_5NH_2.HCl.}$$

অ্যামোনিয়া বা NH_3 যৌগটির বিক্রিয়াও অনুরূপ,

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{NH_3 + HCl} = \underset{\text{অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লবণ}}{NH_4Cl}$$

ধাতু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের অক্সাইড ও হাইড্রকসাইডগুলি অজৈব ক্ষারকের উদাহরণ।

অ্যামোনিয়ার দ্রবণ, বা অ্যামোনিয়ার হাইড্রকসাইড NH_4OH ($NH_3 + H_2O = NH_4OH$) অজৈব ক্ষারের অনুরূপ ক্রিয়া করে

$$\underset{\text{ক্ষার}}{NH_4OH} + \underset{\text{অম্ল}}{HCl} = \underset{\text{লবণ}}{NH_4Cl} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

● **প্রতিস্থাপনীয় OH-মূলকের মাত্রানুপাতে শ্রেণীবিভাগ :**

ক্ষারের আম্লিকতা বা অম্লগ্রাহিতার সংজ্ঞা : কোন ক্ষার বা ক্ষারের একটি অনু যতগুলি সংখ্যক একক্ষারীয় অম্লের অণুর (যথা, HCl, HNO_3 ইত্যাদি)

দ্বারা পূর্ণ প্রশমিত হয়, ঐ সংখ্যাকে **'ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা'** (acidity of base) বলা হয়। উদাহরণ :

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$ [NaOH-এর অম্লগ্রাহিতা 1]
1 অণু

$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$ [$Ca(OH)_2$-এর অম্লগ্রাহিতা 2]
2 অণু

$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$ [$Al(OH)_3$-এর অম্লগ্রাহিতা 3]
3 অণু

অম্লগ্রাহিতা 1 হইলে ক্ষার বা ক্ষারককে একাম্ল-ক্ষারক (monoacidic base) বলা হয় ; উদাহরণ, NaOH, KOH ইত্যাদি।

অম্লগ্রাহিতা 2 হইলে, ক্ষার বা ক্ষারককে দ্বি-অম্ল ক্ষারক (diacidic base) বলা হয়। যথা : $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ ইত্যাদি।

● **উৎপন্ন OH^- আয়তনের মাত্রাভেদে শ্রেণীবিভাগ :** যে ক্ষার (দ্রাব্য ক্ষারক) জলীয় দ্রবণে অধিক মাত্রায় আয়নিত হইয়া অধিকমাত্রায় OH^- আয়ন উৎপন্ন করে, উহাকে **তীব্র ক্ষার** (strong alkali) এবং যে ক্ষার জলীয় দ্রবণে অল্প মাত্রায় OH^- আয়ন উৎপন্ন করে, উহাকে **মৃদু ক্ষার** (weak alkali) বলা হয়।

উদাহরণ : তীব্র ক্ষার—KOH, NaOH, $Ca(OH)_2$
মৃদু ক্ষার—NH_4OH.

লবণ (Salt)

সংজ্ঞা : ● অম্লের সহিত ক্ষারক বা ক্ষারের আংশিক বা পূর্ণ বিক্রিয়ার ফলে বিক্রিয়ালব্ধ জলের সহিত সহোৎপন্ন যৌগকে লবণ (salt) বলা হয়।

$\underset{\text{অম্ল}}{H_2SO_4} + \underset{\text{ক্ষার}}{NaOH} = \underset{\text{লবণ}}{NaHSO_4} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$ আংশিক বিক্রিয়া

$\underset{\text{অম্ল}}{H_2SO_4} + \underset{\text{ক্ষার}}{2NaOH} = \underset{\text{লবণ}}{Na_2SO_4} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$ পূর্ণ বিক্রিয়া

● অম্লের অণুতে যতগুলি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে—ধাতু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের দ্বারা উহার পূর্ণ বা আংশিক প্রতিস্থাপনের ফলে যে যৌগ উৎপন্ন হয়, উহাকে লবণ বলা হয়।

$H_2SO_4 \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{KHSO_4} \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{K_2SO_4}$

$H_2SO_4 \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{(NH_4)HSO_4} \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{(NH_4)_2SO_4}$

$$H_3PO_4 \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{NaH_2PO_4} \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{Na_2HPO_4} \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{Na_3PO_4}$$

$$H_3PO_4 \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{(NH_4)H_2PO_4} \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{(NH_4)_2HPO_4} \cdots\rightarrow \underset{\text{লবণ}}{(NH_4)_3PO_4}$$

□ লবণের সাধারণ ধর্ম :

অম্ল বা ক্ষারের ন্যায় লবণগুলির কোন সাধারণ ধর্ম লক্ষ্য করা যায় না। কোন লবণের ধর্ম উহার নিজস্ব সংযুতির উপর নির্ভর করে। লবণ দ্রাব্য ও অদ্রাব্য উভয় শ্রেণীর হইতে পারে। উভয় শ্রেণীর লবণের সংগঠনে ধাতু বা ধাতুপ্রতিভূ অংশ একটি ধনাধানযুক্ত বা ধনাত্মক আয়নরূপে (cation) দেখা যায় এবং অধাতব অংশটি (বা ধাতু ও অধাতুর মিলিত মূলক অংশটি) ঋণাধানযুক্ত বা ঋণাত্মক আয়নরূপে* (anion) দেখা যায়। যেমন, NaCl লবণটির উপাদান বস্তুত Na^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন। দ্রাব্য লবণগুলি জলীয় দ্রবণে, উপাদান আয়নগুলিতে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে।

$$K_2SO_4 \rightleftharpoons 2K^+ + SO_4^{--}$$
$$AlCl_3 \rightleftharpoons Al^{+++} + 3Cl^-$$
$$NH_4NO_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + NO_3^-$$

□ লবণের শ্রেণীবিভাগ :

লবণকে প্রকৃতি অনুযায়ী তিনটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায় :

- পূর্ণ লবণ বা শমিত লবণ (normal salt)।
- 'বাই'-লবণ (bi-salt) বা অম্ল লবণ (acid salt)।
- ক্ষার লবণ (basic salt)।

● **পূর্ণ লবণ বা শমিত লবণ :** অম্লের অণুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলির ধাতু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের দ্বারা পূর্ণ প্রতিস্থাপন ঘটিলে বা অম্লের অণু সম্পূর্ণরূপে ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিলে, যে লবণ উৎপন্ন হয় উহাকে শমিত লবণ বা পূর্ণ লবণ বলে।

উদাহরণ : NaCl, K_2SO_4, $(NH_4)_3PO_4$, ইত্যাদি।

H_3PO_4 অম্লের 1টি অণু, সর্বাধিক 3 অণু NaOH ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে। যদি H_3PO_4 ও NaOH-এর বিক্রিয়া 1 : 3 অনুপাতে ঘটে, উৎপন্ন লবণ Na_3PO_4—পূর্ণ বা শমিত লবণ।

$$H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O.$$

● **বাই-লবণ বা অম্ল লবণ :** অম্লের অণুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি ধাতু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের দ্বারা আংশিক প্রতিস্থাপিত হইলে বা

* আয়নে যুক্ত ধনাধান বা ঋণাধানের পরিমাণ, আয়ন অংশটির রাসায়নিক যোজ্যতার সমান।

অম্লের অণু আংশিকভাবে ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিলে যে লবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে বাই-লবণ বা অম্ল-লবণ বলে।

উদাহরণ: $NaHSO_4$, $NaHSO_3$, NaH_2PO_4, $(NH_4)_2HPO_4$, $NaHCO_3$ ইত্যাদি।

H_3PO_4 অম্লের 1টি অণু ক্ষার দ্বারা পূর্ণ প্রশমিত করিতে 3টি অণু NaOH লাগে; যদি H_3PO_4-এর 1টি অণু, 1টি অণু NaOH বা 2টি অণু NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া করে, তবে অম্ল-লবণ NaH_2PO_4 বা অম্ল-লবণ Na_2HPO_4 উৎপন্ন হইবে।

$$H_3PO_4 + NaOH = \underset{\text{অম্ল-লবণ}}{NaH_2PO_4} + H_2O$$

$$H_3PO_4 + 2NaOH = \underset{\text{অম্ল-লবণ}}{Na_2HPO_4} + 2H_2O$$

অনুরূপভাবে H_2SO_4-এর ক্ষারের সহিত আংশিক বিক্রিয়ায় অম্ল-লবণ $NaHSO_4$ উৎপন্ন হয়; $H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$.

অম্ল-লবণগুলির সংযুতিতে প্রতিস্থাপনীয় H-পরমাণু থাকিয়া যায় বলিয়া উহা আবার ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় সক্ষম এবং এই বিক্রিয়ায় পরে উহা পূর্ণ-লবণে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{অম্ল-লবণ}}{NaHCO_3} + \underset{\text{ক্ষার}}{NaOH} = \underset{\text{পূর্ণ-লবণ}}{Na_2CO_3} + H_2O$$

$$\underset{\text{অম্ল-লবণ}}{Na_2HPO_4} + \underset{\text{ক্ষার}}{NaOH} = \underset{\text{পূর্ণ-লবণ}}{Na_3PO_4} + H_2O$$

● **ক্ষার-লবণ:** কোন ক্ষারক বা ক্ষারের পূর্ণ প্রশমিত হইতে যে মাত্রায় অম্লের প্রয়োজন তদপেক্ষা কম মাত্রার অম্লের সহিত যদি উহার বিক্রিয়া ঘটে তাহা হইলে আংশিক অপ্রশমিত ক্ষার বা ক্ষারক যুক্ত যে লবণ উৎপন্ন হয়, উহাকে ক্ষার-লবণ বলে।

$Cu(OH)_2$ ক্ষারটির 1টি অণু, 1 অণু H_2SO_4 বা 1 অণু H_2CO_3 অম্লের সহিত পূর্ণ বিক্রিয়া করে ও পূর্ণ প্রশমিত হয়।

যদি 2 অণু $Cu(OH)_2$ ক্ষারক, 1 অণু H_2SO_4 বা 1 অণু H_2CO_3-এর সহিত বিক্রিয়া করে, 1 অণু $Cu(OH)_2$ প্রশমিত হইবে ও 1 অণু $Cu(OH)_2$ অপ্রশমিত থাকিবে; এইভাবে উৎপন্ন লবণগুলি—$CuSO_4, Cu(OH)_2$ বা $CuCO_3, Cu(OH)_2$, ক্ষার-লবণ।

$$2Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = \underset{\text{ক্ষার-লবণ}}{CuSO_4, Cu(OH)_2} + 2H_2O$$

$$2Cu(OH)_2 + H_2CO_3 = \underset{\text{ক্ষার-লবণ}}{CuCO_3, Cu(OH)_2} + 2H_2O$$

ক্ষার লবণগুলিতে অপ্রশমিত ক্ষার অংশ থাকায় এইগুলি পুনর্বার অম্লের সহিত বিক্রিয়া করে ও পরে পূর্ণ-লবণে পরিণত হয়।

$$CuSO_4, Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = 2CuSO_4 + 2H_2O.$$
$$CuCO_3, Cu(OH)_2 + H_2CO_3 = 2CuCO_3 + 2H_2O.$$

□ জলীয় দ্রবণে লবণের বিক্রিয়া—আর্দ্রবিশ্লেষ (Hydrolysis) ঃ

কোন দ্রাব্য লবণের জলীয় দ্রবণ—প্রশম (neutral), আম্লিক (acidic) ও ক্ষারীয় (alkaline), ইহার যে-কোন একটি হইতে পারে। দ্রাব্য লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি, লবণটির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

যেমন, কতকগুলি পূর্ণ লবণ লইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, সোডিয়াম ক্লোরাইডের ($NaCl$) জলীয় দ্রবণ প্রশম, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) ও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের ($AlCl_3$) জলীয় দ্রবণ আম্লিক (acidic), সোডিয়াম সালফাইডের (Na_2S) ও সোডিয়াম অ্যাসিটেটের (CH_3COONa) জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় (alkaline)।

আবার কতকগুলি অম্ল-লবণ লইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, সোডিয়াম বাইসালফেটের ($NaHSO_4$) জলীয় দ্রবণ আম্লিক, ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটের (Na_2HPO_4) জলীয় দ্রবণ প্রায় প্রশম, সোডিয়াম বাইকার্বনেটের ($NaHCO_3$) জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়।

উপরোক্ত ঘটনাগুলির ব্যাখ্যা করিতে গেলে দ্রাব্য লবণের দ্রবণকালে দ্রাবকরূপে জলের ভূমিকা আলোচনা প্রয়োজন। সাধারণত দ্রাবক দ্রাব্য পদার্থকে যখন দ্রবীভূত করে তখন কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না। জলও দ্রাবকরূপে বহু পদার্থের দ্রবণ উৎপন্ন করার কালে, কেবলমাত্র পদার্থটির সহিত সাধারণ মিশ্র করে। কিন্তু, কোন কোন ক্ষেত্রে দ্রাবককে দ্রবীভূত করার কালে, জল দ্রাবক ভূমিকা ছাড়াও রাসায়নিক বিক্রিয়কের ভূমিকা গ্রহণ করে এবং পদার্থটির সহিত যুগ্ম প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (নবম অধ্যায় দ্রষ্টব্য) করে। বিক্রিয়কের ভূমিকায়, জল যখন এইরূপ পদার্থের সহিত যুগ্ম প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করে, তখন বিক্রিয়াটিকে **আর্দ্রবিশ্লেষ** (hydrolysis) বলা হয়। দ্রাব্য লবণগুলির ক্ষেত্রে জল এইরূপ আর্দ্রবিশ্লেষ করে।

সংজ্ঞা ঃ যে বিক্রিয়ায় জল দ্রাবক ভূমিকা ছাড়াও বিক্রিয়ক রূপে দ্রাব্য পদার্থের সহিত রাসায়নিক যুগ্ম প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করে, সেই বিক্রিয়াকে আর্দ্রবিশ্লেষ বলা হয়।

আর্দ্রবিশ্লেষ বিক্রিয়াগুলি সাধারণত উভমুখী হয় এবং অম্ল ও ক্ষার দ্বারা বিক্রিয়াটি প্রভাবিত হয়।

নানা লবণের দ্রবণগুলির আর্দ্রবিশ্লেষ, লবণের গঠনের উপর নির্ভর করে। গঠন অনুসারে, লবণগুলিকে চারিটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়।

1. তীব্র অম্ল ও তীব্র ক্ষারের সহযোগে উৎপন্ন লবণ :

উদাহরণ :

$NaCl$: $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$
তীব্র-ক্ষার তীব্র-অম্ল লবণ

Na_2SO_4 : $2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$
তীব্র-ক্ষার তীব্র-অম্ল লবণ

KNO_3 : $KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$
তীব্র-ক্ষার তীব্র-অম্ল লবণ

2. তীব্র অম্ল ও মৃদু ক্ষারের সহযোগে উৎপন্ন লবণ :

উদাহরণ :

NH_4Cl : $HCl + NH_4OH = NH_4Cl + H_2O$
তীব্র-অম্ল মৃদু-ক্ষার লবণ

NH_4NO_3 : $HNO_3 + NH_4OH = NH_4NO_3 + H_2O$
তীব্র-অম্ল মৃদু-ক্ষার লবণ

$Al_2(SO_4)_3$: $3H_2SO_4 + 2Al(OH)_3 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$
তীব্র-অম্ল মৃদু-ক্ষারক লবণ

$FeCl_3$: $3HCl + Fe(OH)_3 = FeCl_3 + 3H_2O$
তীব্র-অম্ল মৃদু-ক্ষারক লবণ

3. মৃদু অম্ল ও তীব্র ক্ষারের সহযোগে উৎপন্ন লবণ :

উদাহরণ :

Na_2S : $2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$
তীব্র-ক্ষার মৃদু অম্ল লবণ

Na_2CO_3 : $2NaOH + H_2CO_3 = Na_2CO_3 + 2H_2O$
তীব্র-ক্ষার মৃদু-অম্ল লবণ

$NaHCO_3$: $NaOH + H_2CO_3 = NaHCO_3 + H_2O$
তীব্র-ক্ষার মৃদু-অম্ল লবণ

CH_3COONa : $NaOH + CH_3COOH = CH_3COONa + H_2O$
তীব্র-ক্ষার মৃদু-অম্ল লবণ

4. মৃদু অম্ল ও মৃদু ক্ষারের সহযোগে উৎপন্ন লবণ :

উদাহরণ :

$(NH_4)_2CO_3$: $2NH_4OH + H_2CO_3 = (NH_4)_2CO_3 + 2H_2O$
মৃদু-ক্ষার মৃদু অম্ল লবণ

NH_4NO_2 : $NH_4OH + HNO_2 = NH_4NO_2 + H_2O$
মৃদু-ক্ষার মৃদু-অম্ল লবণ

CH_3COONH_4 : $NH_4OH + CH_3COOH = CH_3COONH_4 + H_2O$
মৃদু-ক্ষার মৃদু-অম্ল লবণ

এই চারিটি শ্রেণীর লবণের সহিত জলের দ্রবণকালে আর্দ্রবিশ্লেষ ঘটে এবং প্রতি ক্ষেত্রেই লবণটির উৎপাদনের বিপরীত বিক্রিয়াটি ঘটে অর্থাৎ লবণটি জলের বিক্রিয়ায় উৎপাদক অম্ল ও ক্ষারে বিশ্লিষ্ট হয়। আর্দ্রবিশ্লেষের পর, উৎপন্ন অম্ল ও ক্ষারের মধ্যে যেটির তীব্রতা প্রকট হয়—দ্রবণটি সেই অনুযায়ী অম্ল বা ক্ষার প্রকৃতি গ্রহণ করে।

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণকালে, আর্দ্রবিশ্লেষের বিক্রিয়া :

$$2AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 3HCl$$

এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $Al(OH)_3$ মৃদু ক্ষারক ও উৎপন্ন HCl তীব্র অম্ল। সেজন্য মোট দ্রবণটি অম্লাংশের তীব্রতার জন্য আম্লিক। $AlCl_3$ দ্রবণে নীল লিটমাস দিলে, আম্লিক ধর্মের জন্য উহা লাল হইয়া যায়।

আর্দ্রবিশ্লেষে উৎপন্ন ক্ষারটি তীব্র ও অম্লটি মৃদু হইলে, দ্রবণের প্রকৃতি অনুরূপ-ভাবে ক্ষারীয় হয়।

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{তীব্র-ক্ষার}}{2NaOH} + \underset{\text{মৃদু অম্ল}}{H_2CO_3}$$

এই কারণেই সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে, লাল লিটমাস নীল হয়।

আর্দ্রবিশ্লেষে উৎপন্ন ক্ষার ও অম্ল উভয়েই তীব্র হইলে, মোট ফলরূপে কোনটিই প্রকট হয় না এবং দ্রবণটি প্রশম থাকে।

আর্দ্রবিশ্লেষে উৎপন্ন ক্ষার ও অম্ল উভয়েই মৃদু হইলে, মোট ফল অনিশ্চিত হয়, এবং উৎপন্ন ক্ষার ও অম্লের মধ্যে আপেক্ষিক ভাবে যেটির শক্তি বেশী হয়—দ্রবণের প্রকৃতি সেই অনুসারে হয়।

সংক্ষেপে আর্দ্রবিশ্লেষের ফলাফলগুলিকে, নিম্নের তালিকানুযায়ী সারাংশ করা যায় :

লবণের		আর্দ্রবিশ্লেষ	দ্রবণের প্রকৃতি
উপাদান অম্ল	উপাদান ক্ষার		
তীব্র	তীব্র	ঘটে না	প্রশম
তীব্র	মৃদু	ঘটে	আম্লিক
মৃদু	তীব্র	ঘটে	ক্ষারীয়
মৃদু	মৃদু	ঘটে	অনিশ্চিত

লবণ ছাড়াও নানা রাসায়নিক যৌগ আর্দ্রবিশ্লেষ করে—

$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$;

$SO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$;

$NaH + H_2O = NaOH + H_2$.

অক্সাইড শ্রেণীর যৌগসমূহ

অক্সিজেন অন্য মৌলের সহিত যে দ্বিমৌল যৌগ (binary compounds) উৎপন্ন করে, উহাদের সাধারণভাবে অক্সাইড বলা হয়। ধাতু এবং অধাতু মৌলের উৎপন্ন অক্সাইডগুলি একই ধর্মসম্পন্ন নয়, ইহাদের কোনটি অম্লধর্মী, কোনটি ক্ষারধর্মী,

কোনটি অম্ল এবং ক্ষার উভয় ধর্মই বহন করে ইত্যাদি। রাসায়নিক ধর্মানুসারে অক্সাইডগুলিকে নিম্নোক্তভাবে শ্রেণীবিন্যাস করা হয়।

অক্সাইড

আম্লিক	ক্ষারকীয়	উভধর্মী	প্রশম	পারক্সাইড	যুগ্মঅক্সাইড
(Acidic oxide)	(Basic oxide)	(Amphoteric oxide)	(Netural oxide)	(Peroxide)	(Mixed oxide)

□ **আম্লিক অক্সাইড:** অধাতু মৌলের সহিত অক্সিজেন সাধারণত যে অক্সাইডগুলি উৎপন্ন করে, উহারা অম্লধর্মী বা আম্লিক অক্সাইড।

উদাহরণ:

B_2O_3, CO_2, SiO_2, NO_2, N_2O_5, P_2O_5, SO_2, SO_3, Cl_2O_7।

কোন কোন ক্ষেত্রে, কোন কোন ধাতু উচ্চতম যোজ্যতা-যুক্তরূপে যে অক্সাইড উৎপন্ন করে, ঐগুলিও অম্লধর্মী হয়; যেমন CrO_3, Mn_2O_7 ইত্যাদি।

আম্লিক অক্সাইড—

- জলে দ্রাব্য হইলে, জলীয় দ্রবণে অক্সিঅ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$
$$B_2O_3 + 3H_2O = 2H_3BO_3$$
$$Cl_2O_7 + H_2O = 2HClO_4.$$

জলের সহিত এরূপ অক্সিঅ্যাসিড উৎপাদক অক্সাইডকে, **অম্ল নিরুদক** (acid anhydride) বা **নিরুদক** বলা হয়।

- জলে দ্রাব্য হইলে, জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাসের বর্ণ লাল করে।
- জলীয় দ্রবণে বা সোজাসুজি ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ার লবণ উৎপন্ন করে।

$$CaO + SO_3 = CaSO_4$$
$$2NaOH\ (\text{দ্রবণ}) + SO_3 = Na_2SO_4 + H_2O$$
$$2NaOH + \underset{\text{দ্রবণ}}{(SO_3 + H_2O)} = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

□ **ক্ষারকীয় অক্সাইড:** অক্সিজেন অধিকাংশ ধাতু-মৌলগুলির সহিত যে অক্সাইড উৎপন্ন করে, উহাদের ক্ষারকীয় অক্সাইড বলা হয়। এগুলি সাধারণত ক্ষারধর্মী হয়।

উদাহরণ: Na_2O, CaO, MgO, ZnO, ইত্যাদি ক্ষারকীয় অক্সাইড। ক্ষারকীয় অক্সাইড—

- জলে দ্রাব্য হইলে, জলীয় দ্রবণে ক্ষার উৎপন্ন করে।

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$
$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

- জলে দ্রাব্য হইলে, লাল লিটমাসের বর্ণ নীল করে।
- অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপাদন করে।

$$CaO + 2HCl + CaCl_2 + H_2O.$$
$$FeO + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2O.$$

□ **উভধর্মী অক্সাইড ঃ** কোন কোন ধাতুর সহিত অক্সিজেন যে অক্সাইড উৎপন্ন করে তাহা অম্ল এবং ক্ষার উভয় ধর্মই বহন করে; অর্থাৎ এগুলি ক্ষাররূপে অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে, আবার ক্ষারের সহিত অম্লরূপে বিক্রিয়ায়ও লবণ উৎপন্ন করে। এই জাতীয় অক্সাইডগুলিকে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয়। প্রধানত* **Al, Zn, Sn ও Pb এই কয়টি ধাতুর অক্সাইড উভধর্মী।**

উদাহরণ ঃ Al_2O_3, ZnO, SnO, PbO ইত্যাদি।

Al_2O_3

অম্লের সহিত বিক্রিয়া

$$\underset{}{Al_2O_3} + \underset{\text{অম্ল}}{6HCl} = \underset{\text{লবণ}}{2AlCl_3} + \underset{\text{জল}}{3H_2O}$$

ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া

$$Al_2O_3 + \underset{\text{ক্ষার}}{2NaOH} = \underset{\text{(সোডিয়াম অ্যালুমিনেট) লবণ}}{2NaAlO_2} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

ZnO

অম্লের সহিত বিক্রিয়া

$$ZnO + \underset{\text{অম্ল}}{H_2SO_4} = \underset{\text{লবণ}}{ZnSO_4} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া

$$ZnO + \underset{\text{ক্ষার}}{2NaOH} = \underset{\text{(সোডিয়াম জিংকেট) লবণ}}{Na_2ZnO_2} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

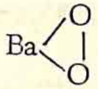
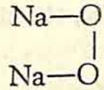
□ **প্রশম অক্সাইড ঃ** কোন কোন অধাতুর সহিত অক্সিজেন যে অক্সাইড যৌগ গঠন করে উহারা অম্ল বা ক্ষার কোন ধর্মই বহন করে না; এগুলিকে প্রশম অক্সাইড বলা হয়।

উদাহরণ ঃ CO, NO, H_2O ইত্যাদি।

□ **পারক্সাইড ঃ** কোন কোন ধাতুর সহিত অক্সিজেন, ধাতুটির সাধারণ যোজ্যতানুযায়ী যে মাত্রায় সংযুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করা উচিত তদপেক্ষা বেশী মাত্রায় সংযুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করে; এইরূপ অক্সাইডকে পারক্সাইড

* আর্সেনিক (As), অ্যান্টিমনি (Sb) প্রভৃতি মৌলগুলিও এই শ্রেণীভুক্ত।

বলা হয়। পারক্সাইডগুলির রেখাসংকেত দুইটি অক্সিজেন পরমাণু —O—O— বা 'পারক্সো বন্ধনী'তে (peroxo-linkage) অবশ্যই যুক্ত থাকা প্রয়োজন।

যেমন, BaO_2 :  ; Na_2O_2 ; 

উদাহরণ : ধাতু	যোজ্যতা	সাধারণ-অক্সাইড	পারক্সাইড
Na	1	Na_2O	Na_2O_2
Ba	2	BaO	BaO_2

পারক্সাইডগুলি জল বা অম্লের সহিত H_2O_2 উৎপন্ন করে :

$$Na_2O_2 + 2H_2O = 2NaOH + H_2O_2$$

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2.$$

□ **যুগ্ম অক্সাইড :** কোন কোন ক্ষেত্রে অক্সিজেন ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া এমন অক্সাইড গঠন করে, যাহাতে ধাতুটি বিভিন্ন যোজ্যতা সম্পন্ন হইয়া বিভিন্ন অক্সাইড গঠন করে ও পরে মিশ্র অক্সাইড উৎপন্ন করে ; এইরূপ অক্সাইডগুলিকে যুগ্ম অক্সাইড বলা হয়।

উদাহরণ : Fe_3O_4 $(Fe_2O_3 + FeO = Fe_3O_4)$

Pb_3O_4 $(2PbO + PbO_2 = Pb_3O_4)$ ইত্যাদি।

অম্ল, ক্ষার ও লবণের তুল্যাংকভার
(Equivalent weight of acids, alkalis & salts)

রাসায়নিক সংযোজন ও প্রতিস্থাপনের কালে মৌলগুলি উহাদের তুল্যাংকভারের অনুপাতে পরস্পরের সহিত সংযোজন বা পরস্পরকে প্রতিস্থাপন করিয়া থাকে—ইহা পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। অম্ল, ক্ষার এবং লবণ ঘটিত বিক্রিয়াগুলিতেও উহারা পারস্পরিক তুল্যাংকভারের অনুপাতেই বিক্রিয়া করে।

অম্লের তুল্যাংকভার (Equivelent weight of acids) : **ওজনের অনুপাতে যতভাগ ওজনের অম্লের মধ্যে, 1 ভাগ ওজনের প্রতিস্থাপনীয় H থাকে সেই ওজনকে, অম্লের তুল্যাংকভার বলা হয়।**

উদাহরণ : HCl অম্লের আণবিক ওজন 36·5 ; এই ওজনের মধ্যে প্রতিস্থাপনীয় H-এর ওজন 1 ; সংজ্ঞানুসারে, HCl অম্লের তুল্যাংকভার = 36·5।

H_2SO_4 অম্লের আণবিক ওজন 98 ; এই ওজনের মধ্যে প্রতিস্থাপনীয় H-এর ওজন 2 ; সংজ্ঞানুসারে, H_2SO_4 অম্লের তুল্যাংকভার 98 ÷ 2 বা 49।

সংক্ষেপে—

● $\text{অম্লের তুল্যাংকভার} = \dfrac{\text{অম্লের আণবিক ওজন}}{\text{অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা}}$

ক্ষারের তুল্যাংকভার (Equivalent weight of alkalis) : **ওজনের অনুপাতে ক্ষারের যে ওজন 1 তুল্যাংকভার ওজনের অম্লের সহিত বিক্রিয়া করে ও প্রশমিত হয়, ক্ষারের ঐ ওজনকে, ক্ষারের তুল্যাংকভার বলা হয়।**

উদাহরণ : NaOH ক্ষারটির যে ওজন 36·5 ভাগ HCl-অম্লের, বা 49 ভাগ H_2SO_4-অম্লের সহিত বিক্রিয়া করে, উহা NaOH-এর তুল্যাংকভার। সমীকরণ অনুসারে—

$$\underset{40}{NaOH}+\underset{36 \cdot 5}{HCl}=NaCl+H_2O$$

অর্থাৎ, 36·5 ভাগ ওজনের HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করে 40 ভাগ ওজনের NaOH

$$\underset{\substack{2\times 40\\40}}{2NaOH}+\underset{\substack{98\\49}}{H_2SO_4}=Na_2SO_4=2H_2O$$

অর্থাৎ, 49 ভাগ ওজনের H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করে, 40 ভাগ ওজনের NaOH.

অতএব সংজ্ঞানুসারে, NaOH-এর তুল্যাংকভার 40।

অনুরূপভাবে, $Ca(OH)_2$ ক্ষারের তুল্যাংকভার 37 ; কারণ—

$$\underset{\substack{74\\37}}{Ca(OH)_2}+\underset{\substack{2\times 36 \cdot 5\\36 \cdot 5}}{2HCl}=CaCl_2+2H_2O$$

সংক্ষেপে—

● $\text{ক্ষারের তুল্যাংকভার}=\dfrac{\text{ক্ষারের আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা}}$

লবণের তুল্যাংকভার (Equivalent weight of salt) : **লবণের আণবিক ওজনকে, লবণের এক অণুতে বর্তমান ধাতু পরমাণু বা পরমাণুগুলির মোট যোজ্যতা দ্বারা ভাগ করিয়া যে ওজন পাওয়া যায়, উহাকে লবণের তুল্যাংকভার বলা হয়।**

সংক্ষেপে—

● $\text{লবণের তুল্যাংকভার}=\dfrac{\text{লবণের আণবিক ওজন}}{\text{লবণের 1 অণুতে ধাতুর পরমাণু সংখ্যা}\times\text{ধাতুটির যোজ্যতা}}$

উদাহরণ : Na_2CO_3-লবণের আণবিক ওজন 106 ; ইহার 1 অণুতে ধাতুর মোট পরমাণু সংখ্যা 2 ; এবং ধাতুটির (Na) যোজ্যতা 1।

$\therefore$ Na_2CO_3-এর তুল্যাংকভার $=\frac{106}{2\times 1}=53$.

ব্লু-ভিট্রিয়ল (Blue-vitriol) বা $CuSO_4, 5H_2O$-এর তুল্যাংকভার

$$=\frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{ধাতুর পরমাণু সংখ্যা}\times\text{ধাতুর যোজ্যতা}}=\frac{249 \cdot 5}{1\times 2}=124 \cdot 75$$

অম্ল, ক্ষার ও লবণের তুল্যাংকভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে গ্রাম এককে যে ওজন পাওয়া যায়—উহাকে অম্ল, ক্ষার ও লবণের **গ্রাম-তুল্যাংকভার** (gram-equivalent weight) বলা হয়।

কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ অম্ল, ক্ষার ও লবণের গ্রাম-তুল্যাংকভার

	শ্রেণী	যৌগ-সংকেত	গ্রাম-তুল্যাংকভার
1	অম্ল	HCl H_2SO_4 HNO_3	36·5 গ্রাম 49 গ্রাম 63 গ্রাম
2	ক্ষার	$NaOH$ KOH $Ca(OH)_2$	40 গ্রাম 56 গ্রাম 37 গ্রাম
3	লবণ	Na_2CO_3 $NaHCO_3$ $CuSO_4,5H_2O$	53 গ্রাম ৪4 গ্রাম 124·75 গ্রাম

● **যে-কোন অম্লের 1 গ্রাম তুল্যাংকভার, যে-কোন ক্ষারের 1 গ্রাম তুল্যাংকভারের সহিত পূর্ণ বিক্রিয়া বা প্রশমন (neutralisation) করে।**

জ্ঞাত বা স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ
(Standard Solution)

দ্রাব্য অম্ল, ক্ষার ও লবণগুলি নানা রাসায়নিক পরীক্ষার ক্ষেত্রে জলীয় দ্রবণরূপে ব্যবহৃত হয়। অম্ল, ক্ষার ও লবণের যে দ্রবণগুলিতে কোন নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত অম্ল বা ক্ষার বা লবণের মাত্রা বা পরিমাণ জানা থাকে, ঐ দ্রবণকে **জ্ঞাত বা স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ** বলা হয়। জ্ঞাত বা স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণে দ্রবীভূত পদার্থের মাত্রাভেদে, দ্রবণটির শক্তি (strength) সূচিত হয়।

স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণে, দ্রবীভূত পদার্থের মাত্রা প্রকাশের জন্য কয়েকটি পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।

I. **শতকরা অনুপাত মাত্রা** (Percentage strength) ঃ প্রতি 100 মিলিলিটার (সংক্ষেপে মি. লি. বা ml.) দ্রবণে পদার্থের পরিমাণ গ্রামে হিসাব করিয়া, স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণের শক্তি শতকরা মাত্রার (%) পরিমাপ করা হয়।

100 মি. লি. জলে 5 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত থাকিলে, স্ট্যাণ্ডার্ড NaOH দ্রবণটির শক্তি 5%।

1000 মি.লি. জলে 27·5 গ্রাম NaCl দ্রবীভূত থাকিলে, দ্রবণটির শক্তি শতকরা মাত্রায় 2·75%।

II. **গ্রাম/লিটার মাত্রা** (Strength in grams per litre বা gm/litre): 1 লিটার বা 1000 সি.সি. (বা 1000 মি.লি.) দ্রবণে, দ্রবীভূত পদার্থের মাত্রা গ্রামে হিসাব করিয়া, স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণে গ্রাম/লিটার মাত্রায় শক্তি পরিমাপ করা হয়।

কোন HCl দ্রবণের 50 সি.সি.'তে দ্রবীভূত HCl-এর মাত্রা 2 গ্রাম ; অর্থাৎ, ঐ দ্রবণের 1000 সি. সি.'তে দ্রবীভূত HCl-এর মাত্রা $\frac{1000 \times 2}{50}$ বা 40 গ্রাম। সুতরাং দ্রবণটির শক্তি, গ্রাম/লিটার অনুপাতে 40 গ্রাম/লিটার।

III. **নর্মালিটি মাত্রা** (Strength in Normality): অম্ল, ক্ষার বা লবণের কোন দ্রবণের 1 লিটারে যদি পদার্থটির 1 গ্রাম-তুল্যাংকভার দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে, ঐ দ্রবণটিকে পদার্থটির '**প্রমাণ বা নর্মাল দ্রবণ**' (Normal solution) বলা হয়।

যথা, 1 লিটার H_2SO_4-দ্রবণে 49 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকিলে উহা H_2SO_4-এর নর্মাল দ্রবণ।

1 লিটার NaOH দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত থাকিলে উহা NaOH-এর নর্মাল দ্রবণ।

নর্মাল দ্রবণকে সংক্ষেপে (N) এই সূচকে প্রকাশ করা হয়।

যথা, H_2SO_4-এর নর্মাল দ্রবণ = (N) H_2SO_4

NaOH-এর নর্মাল দ্রবণ = (N) NaOH.

যদি 1 লিটার দ্রবণে, পদার্থের গ্রাম-তুল্যাংকভারের $\frac{1}{2}$ ভাগ দ্রবীভূত থাকে, দ্রবণটিকে 'সেমি-নর্মাল' (Semi-normal) বা (N/2) দ্রবণ বলা হয় ; যদি 1 লিটার দ্রবণে, পদার্থের গ্রাম-তুল্যাংকভারের $\frac{1}{10}$ ভাগ দ্রবীভূত থাকে, দ্রবণটিকে 'ডেসিনর্মাল' (Deci-normal) বা (N/10) দ্রবণ বলা হয় : যদি 1 লিটার দ্রবণে পদার্থের গ্রাম-তুল্যাংকভারের n-অংশ দ্রবীভূত থাকে, দ্রবণটিকে n (N) দ্রবণ বলা হয় ; 'n'-কে এরূপ ক্ষেত্রে—'**নর্মালিটি গুণক**'* (Normality factor) বলা হয়।

উদাহরণ : কোন HCl-এর দ্রবণে, 1 লিটারে 3·65 গ্রাম HCl-দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির নর্মালিটি মাত্রা কত ?

HCl-এর তুল্যাংকভার 36·5। দ্রবণে দ্রবীভূত আছে 3·65 গ্রাম, অর্থাৎ, $\frac{36 \cdot 5}{10}$ গ্রাম, অর্থাৎ $\frac{1}{10}$ গ্রাম-তুল্যাংকভার।

সুতরাং, দ্রবণটির নর্মালিটি মাত্রা $= \frac{1}{10} \times (N) = (N/10)$

IV. **মোলারিটি বা আণবিক মাত্রা** (Strength in Molarity): অম্ল, ক্ষার বা লবণের কোন দ্রবণের 1 লিটারে যদি পদার্থটির 1 গ্রাম-আণবিক ওজন

* পরে বিস্তৃত উদাহরণ যোগে আলোচনা করা হইয়াছে।

দ্রবীভূত থাকে, তাহা হইলে ঐ দ্রবণটিকে পদার্থটির **আণবিক** বা **মোলার দ্রবণ** (Molar solution) বলা হয়।

যথা : 1 লিটার H_2SO_4-দ্রবণে, 98-গ্রাম H_2SO_4 (H_2SO_4-এর গ্রাম-আণবিক ওজন 98) দ্রবীভূত থাকিলে, উহা H_2SO_4-এর মোলার দ্রবণ। মোলার দ্রবণকে সংক্ষেপে (M) এই সূচকে প্রকাশ করা হয়।

H_2SO_4-এর মোলার দ্রবণ = (M) H_2SO_4.

(M) H_2SO_4-অর্থে লিটারে 98 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে ; বা লিটারে 2×49 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে ; বা লিটারে $2\times$ গ্রাম-তুল্যাংকভার H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে। অতএব, এই দ্রবণটি নর্মালিটি মাত্রায় $\equiv 2$(N) H_2SO_4।

যে পদার্থের গ্রাম-তুল্যাংকভার = গ্রাম-আণবিকভার, সেই পদার্থের ক্ষেত্রে (M) দ্রবণ $\equiv$ (N) দ্রবণ। যেমন, HCl, HNO_3, NaCl ইত্যাদি।

যে পদার্থগুলির ক্ষেত্রে গ্রাম-তুল্যাংকভার ও গ্রাম-আণবিক ভার ভিন্ন, সেগুলির ক্ষেত্রে (M) মাত্রায় প্রকাশিত শক্তি ও (N) মাত্রায় প্রকাশিত শক্তি ভিন্ন হয়। যেমন, H_2SO_4, H_3PO_4, Na_2CO_3, ইত্যাদি।

V. **ফর্মালিটি মাত্রা** (Strength in Formality) : প্রতি লিটারে 1 গ্রাম-অণু দ্রবীভূত আছে এই অর্থে 'মোলার দ্রবণ' শব্দটি ব্যবহৃত হয়। এই অর্থটি কিন্তু কোন কোন দ্রবণের ক্ষেত্রে খাটে না। যেমন, 1 মোলার NaCl দ্রবণ অর্থে, উহার প্রতি লিটারে 1 গ্রাম-অণু NaCl আছে ; কিন্তু, NaCl লবণটি দ্রবণে পূর্ণ বিযোজিত হইয়া Na^+ আয়ন ও Cl^- আয়নরূপে অবস্থান করে এবং ঐ দ্রবণে বস্তুত কোন NaCl অণুর অস্তিত্বই নাই। এইরূপ ক্ষেত্রে দ্রবণের শক্তি বুঝাইতে, আধুনিক রসায়নে 'ফর্মালিটি মাত্রা' (strength in formality) ব্যবহার করা হয়।

দ্রাব্য পদার্থটির আণবিক সংকেত হইতে যে ওজন পাওয়া যায়, গ্রাম এককে দ্রাব্য পদার্থের ঐ ওজন 1000 গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত করিয়া যে দ্রবণ পাওয়া যায়, উহাকে **'ফর্মাল দ্রবণ'** (Formal solution) বলা হয়। ফর্মাল দ্রবণকে সংক্ষেপে (F) এই সূচকে প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ : $CuSO_4$, $5H_2O$-এর সংকেত ওজন (formula weight) গ্রাম এককে 249·5 গ্রাম। 249·5 গ্রাম $CuSO_4$, $5H_2O$, 1000 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া যে দ্রবণ পাওয়া যায় উহা $CuSO_4$, $5H_2O$-এর (F) দ্রবণ।

VI. **মোলালিটি মাত্রা** (Molality or Weight-Molar concentration) : আধুনিক রসায়নে দ্রবণের শক্তি প্রকাশ করার জন্য, এই মাত্রাটিও বহুল ব্যবহৃত হয়। 1000 গ্রাম দ্রাবকে, দ্রাব্য পদার্থের যে সংখ্যক গ্রাম-অণু দ্রবীভূত থাকে, ঐ মাত্রাকে **'মোলালিটি মাত্রা'** বলা হয়।

যদি a গ্রাম দ্রাব্য পদার্থ (আণবিক ওজন M), b গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত করা হয়,

$$\text{দ্রবণটির মোলালিটি} = \frac{a\times1000}{M\times b.}$$

দ্রবণের এক শক্তি মাত্রা হইতে অন্য শক্তিমাত্রায় পরিবর্তনের গণনা ঃ অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির নানা রাসায়নিক গণনার ক্ষেত্রে প্রায়শঃ ব্যবহৃত দ্রবণগুলির শক্তি একমাত্রা হইতে অন্যমাত্রায় পরিবর্তন প্রয়োজন হয়। এই আন্তর্পরিবর্তনগুলি সহজে গণনা করার কয়েকটি সরল সূত্র নিম্নরূপ ঃ

1. **শতকরা মাত্রা হইতে নর্মাল মাত্রা—**

$$\text{নর্মাল মাত্রা} = \frac{\text{শতকরা মাত্রা } (\%) \times 10}{\text{দ্রাবের গ্রাম তুল্যাংক}} (N)$$

উদাহরণ ঃ 5% NaOH দ্রবণ, নর্মালিটি মাত্রায় $\rightarrow \frac{5 \times 10}{40}(N)$

বিপরীতক্রমে, 1·2 (N) NaOH শতকরা মাত্রায় $\rightarrow \frac{1{\cdot}2 \times 40}{10}\ \%$

2. **নর্মালিটি মাত্রা হইতে গ্রাম/লিটার—**

$$\text{নর্মাল মাত্রা} = \frac{\text{প্রতি লিটারে দ্রাবের গ্রামে ওজন}}{\text{দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংক}} (N)$$

উদাহরণ ঃ 1·2 (N) HCl $\rightarrow \frac{\text{গ্রাম/লিটার HCl}}{36{\cdot}5}$

∴ গ্রাম/লিটার মাত্রায় HCl→1·2×36·5 গ্রাম/লিটার

আবার, লিটারে 40 গ্রাম HCl আছে এরূপ দ্রবণের নর্মালিটি $= \frac{40}{36{\cdot}5}(N)$

3. **নর্মালিটি মাত্রা হইতে মোলারিটি মাত্রা—**

$$\text{মোলারিটি মাত্রা } (M) = \text{নর্মালিটি মাত্রা } (N) \times \frac{\text{দ্রাবের গ্রাম আণবিক ওজন}}{\text{দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংকভার}}$$

উদাহরণ ঃ 1·2 M H_2SO_4 = কত (N) H_2SO_4

$$1(M)H_2SO_4 = \frac{H_2SO_4 \text{ এর গ্রাম আণবিক ওজন}}{H_2SO_4 \text{ এর গ্রাম-তুল্যাংকভার}} (N)H_2SO_4$$

$$= \tfrac{98}{49}(N)\ H_2SO_4$$

$$= 2(N)\ H_2SO_4$$

বিপরীতক্রমে, $1(N)H_2SO_4 = M/2\ H_2SO_4$

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি
(Acidimetry & Alkalimetry)

রসায়নে নানা ক্ষেত্রেই অম্ল ও ক্ষারের পরিমাপ প্রয়োজন হইয়া থাকে। এই পরিমাপগুলির ক্ষেত্রে, কয়েকটি বিশেষ পরীক্ষা পদ্ধতি অনুসৃত হয় এবং পরীক্ষাফল হইতে অম্ল বা ক্ষারের অজ্ঞাত শক্তি নিরূপণ করা যায়।

অম্ল ও ক্ষার মাত্রই পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে—এই নীতির উপর ভিত্তি করিয়াই জ্ঞাত শক্তির ক্ষারের সাহায্যে অজ্ঞাত শক্তির অম্লের পরিমাপ (অম্লমিতি : acidimetry) এবং জ্ঞাত শক্তি অম্লের সাহায্যে অজ্ঞাতশক্তির ক্ষারের-পরিমাপ (ক্ষারমিতি : alkalimetry) করা হইয়া থাকে।

● **প্রশমন** (Neutralisation): অম্ল ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় লবণ ও জলের উৎপাদন ঘটে এবং পরিণামে অম্ল ও ক্ষার উভয়েরই শ্রেণীবৈশিষ্ট্য লুপ্ত হয়; এইরূপ বিক্রিয়াকে রসায়নে **প্রশমন** (neutralisation) বলা হয় :

সমীকরণ অনুসারে, অম্ল ও ক্ষারের যথার্থ আনুপাতিক মাত্রা প্রশমনে অংশগ্রহণ করিলে, প্রশমনটি পূর্ণ হয়; যদি অম্ল বা ক্ষারের পরস্পরের মাত্রা সমীকরণ-নির্দিষ্ট মাত্রা অপেক্ষা কম বা বেশী হয়—প্রশমনটি আংশিক হয়।

পূর্ণ প্রশমন : $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$

$2HCl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + H_2O$

$H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O$

আংশিক প্রশমন : $H_2SO_4 + KOH = KHSO_4 + H_2O$

□ **নির্দেশক** (Indicator) : মৃদু অম্ল বা মৃদু ক্ষার জাতীয় কিছু কিছু বিশেষ শ্রেণীর জৈব যৌগের মধ্যে একটি বিচিত্র ধর্ম লক্ষ্য করা যায় যে—উহারা অম্লের দ্রবণে একপ্রকার বর্ণ ধারণ করে, কিন্তু ক্ষারীয় দ্রবণে অন্য বর্ণযুক্ত হয়; এই শ্রেণীর জৈব যৌগগুলিকে রসায়নে, **সূচক** বা **নির্দেশক** বা **ইণ্ডিকেটর** (indicator) বলা হয়।

কোন্ দ্রবণ অম্লীয় ও কোন্ দ্রবণ ক্ষারীয় তাহা বিচার করিতে এবং অম্ল ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ায় প্রকৃতি ও মাত্রা অনুসরণ করার জন্য নির্দেশকের সাহায্য অপরিহার্য।

রসায়নে বিপুল সংখ্যক নির্দেশক ব্যবহৃত হয়। বেশী ব্যবহৃত হয় এমন কয়েকটি নির্দেশকের নাম এবং অম্লীয় ও ক্ষারীয় দ্রবণে উহাদের বর্ণভেদ নিম্নরূপ—

নির্দেশকের নাম	বর্ণ		
	অম্লীয় দ্রবণ	ক্ষারীয় দ্রবণ	প্রশম দ্রবণ
লিটমাস (Litmus)	লাল	নীল	বেগুনী
মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl orange)	লাল	হলুদ	কমলা
মিথাইল রেড (Methyl red)	লাল	হলুদ	লাল
ফিনোল্প্থ্যালিন (Phenolpthalein)	বর্ণহীন	গোলাপী	বর্ণহীন

যে-কোন নির্দেশক যে-কোন টাইট্রেশনে ব্যবহার্য নয়। নির্দেশকের নির্বাচন, অর্থাৎ কোন্ নির্দেশক কোন্ টাইট্রেশনের পক্ষে উপযোগী তাহা অম্ল ও ক্ষারের প্রকৃতির উপর (এবং উৎপন্ন লবণের আর্দ্রবিশ্লেষতার উপর) নির্ভর করে। অম্ল ও ক্ষারের প্রকৃতি ভেদে টাইট্রেশনে সাধারণভাবে নির্বাচিত কয়েকটি নির্দেশকের ব্যবহার নিম্নরূপ।

টাইট্রেশনে		টাইট্রেশনের উদাহরণ	নির্বাচিত নির্দেশক
অম্লের প্রকৃতি	ক্ষারের প্রকৃতি		
তীব্র	তীব্র	HCl / NaOH	লিটমাস বা অন্য যে কোন নির্দেশক।
তীব্র	মৃদু	H_2SO_4 / NH_4OH	মিথাইল রেড বা মিথাইল অরেঞ্জ।
মৃদু	তীব্র	CH_3OOH / NaOH	ফিনোল্‌প্‌থ্যালিন।
মৃদু	মৃদু	CH_3COOH / NH_4OH	কোন নির্দেশকই উপযোগী নয়।

টাইট্রেশনের পরীক্ষা ও কয়েকটি সূত্র ঃ

● নির্দেশক যোগে, অম্ল ও ক্ষারের প্রশমনের যে পরীক্ষা দ্বারা অম্ল ও ক্ষারের পরিমাপ করা হয়, সেই পরীক্ষা-প্রণালীকে—**টাইট্রেশন** (Titration) বলা হয়।

টাইট্রেশনে জ্ঞাতশক্তির অম্ল যোগে অজ্ঞাতশক্তি ক্ষারের এবং জ্ঞাতশক্তির ক্ষারযোগে অজ্ঞাতশক্তির অম্লের পরিমাপ করা যায়। টাইট্রেশনে, নির্দেশকের সাহায্যে উভয় দ্রবণ আয়তনিক কোন্ অনুপাতে পরস্পরকে প্রশমিত করে তাহা পরীক্ষাযোগে নির্ধারণ করিয়া অম্ল ও ক্ষারের শক্তি নিরূপিত হয়। আয়তনভিত্তিক এই পরিমাপ পদ্ধতিকে রসায়নে, 'আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণ' (volumetric analysis) বলা হয়।

আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে, অম্ল ও ক্ষারের শক্তি পরিমাপের মূলভিত্তিকে একটি সূত্র দ্বারা প্রকাশ করা যায় ঃ

● **নর্মালিটি মাত্রায় অম্ল ও ক্ষার উভয়ের শক্তি একই হইলে, উহারা সম-আয়তনে পরস্পরকে প্রশমিত করে।**

অর্থাৎ (i) (N/10) শক্তির যে কোন অম্লের v সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে—
(N/10) " " " ক্ষারের v সি.সি. লাগে।

(ii) (N/2) শক্তির যে কোন অম্লের x সি. সি.-কে প্রশমিত করিতে
(N/2) " " " ক্ষারের x সি. সি. লাগে।
(iii) (N) " " " অম্লের y সি. সি. কে প্রশমিত করিতে
(N) " " " ক্ষারের y সি. সি. লাগে।

□ **নর্মালিটি-গুণক** (Normality factor) :

অনেকক্ষেত্রে প্রকৃত পরীক্ষায় একটি বিশেষ নর্মালিটি মাত্রার দ্রবণ (N, N/2, N/10 ইত্যাদি) প্রস্তুত করা সহজসাধ্য হয় না। যেমন, ধরা যাক্—সোডিয়াম কার্বনেটের একটি (N/10) শক্তির 250 সি. সি. দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইবে। এক্ষেত্রে Na_2CO_3 যৌগটির তুল্যাংকভার 53 এবং গ্রাম-তুল্যাংকভার 53 গ্রাম।

1000 সি. সি. (N) $NaCO_3$ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে লাগে 53 গ্রাম Na_2CO_3

1000 সি. সি· (N/10) " " " " " $\frac{53}{10}$ গ্রাম "

অতএব 250 সি. সি. (N/10) Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে লাগে $\frac{53}{10\times4}$ বা 1·3250 গ্রাম Na_2CO_3।

অর্থাৎ, 1·3250 গ্রাম Na_2CO_3 ওজন করিয়া একটি 250 সি. সি. মাপক ফ্লাস্কে ঠিক 250 সি. সি. জল দ্বারা দ্রবীভূত করিলে যথার্থ, (N/10) শক্তির 250 সি. সি. Na_2CO_3 পাওয়া যাইবে।

ধরা যাক্, কোন পরীক্ষার প্রয়োজনীয় 1·3250 গ্রাম Na_2CO_3 ওজন করিতে গিয়া ওজনটি সামান্য কম, যেমন 1·3028 গ্রাম লওয়া হইল ; এই ওজনকে পূর্বের 250 সি. সি. জলে দ্রবীভূত করিলে, ঐ দ্রবণটির যথার্থ শক্তি কত হইবে ?

এই শক্তি, সরল গণনার দ্বারাই নিরূপণ করা যায়,—

1·3250 গ্রাম 250 সি. সি.-তে দ্রবীভূত করিলে শক্তি হয় $1\left(\frac{N}{10}\right)$

$\therefore$ 1·3028 গ্রাম " " " " $\frac{1·3028}{1·3250}\left(\frac{N}{10}\right)$

বা, 0·9833 (N/10)

বা $f^*\left(\frac{N}{10}\right)$

সংক্ষেপে, **নর্মালিটি-গুণক**

$$= \frac{\text{পরীক্ষাকালে পদার্থের গ্রাম-তুল্যাংকভারের কাছাকাছি যে ওজন প্রকৃতই লওয়া হইয়াছে}}{\text{পদার্থের গ্রাম-তুল্যাংকভার অনুযায়ী যে ওজন লওয়া প্রয়োজন ছিল}}$$

উদাহরণ : কোন অক্জ্যালিক অ্যাসিডের (oxalic acid) 250 সি. সি. দ্রবণে, ঐ অ্যাসিডের 1·6275 গ্রাম দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির নর্মালিটি-গুণক কত ? [অক্জ্যালিক অ্যাসিডের তুল্যাংকভার 63].

* এই f ভগ্নাংশটিকে 'নর্মালিটি-গুণক' বলা হয়।

অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংকভার = 63 গ্রাম

অর্থাৎ, 63 গ্রাম অক্‌জ্যালিক অ্যাসিড, 1000 সি. সি. দ্রবণে থাকিলে দ্রবণটি (N) হয়।

এখন, প্রদত্ত দ্রবণের প্রতি 250 সি. সি. দ্রবণে 1·6275 গ্রাম অক্‌জ্যালিক অ্যাসিড আছে।

বা " " " 1000 সি. সি. " 1·6275 × 4 গ্রাম " আছে।

স্থতরাং দ্রবণটির নর্মালিটি-গুণক $= \frac{1 \cdot 6275 \times 4}{63}$ (N) = 0·1033 (N)

অন্যভাবেও এই গণনাটি করা যায়—

1000 সি. সি. দ্রবণে 63 গ্রাম অক্‌জ্যালিক অ্যাসিড থাকিলে দ্রবণটি (N) হয়।

বা 250 সি. সি. " $\frac{63}{4}$ গ্রাম " " " " "

স্থতরাং (N) দ্রবণ হইতে গেলে, গ্রাম-তুল্যাংকভার অনুযায়ী 250 সি. সি. দ্রবণে অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের ওজন থাকা উচিৎ $\frac{63}{4}$ = 15·750 গ্রাম।

প্রদত্ত 250 সি. সি. দ্রবণে অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের প্রকৃত ওজন আছে 1·6275 গ্রাম।

∴ নর্মালিটি-গুণক $= \frac{1 \cdot 6275}{15 \cdot 750}$ (N)

= 0·1033 (N)

● নর্মালিটি-গুণক সংক্রান্ত একটি স্থত্র অম্লমিতি-ক্ষারমিতিতে বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। স্থত্রটি হইল—

f (N) শক্তির যে কোন অম্ল বা ক্ষার দ্রবণের V সি. সি.
≡ (N) শক্তির ঐ অম্ল বা ক্ষার দ্রবণের V × f সি. সি.

উদাহরণ : 25 সি. সি. 1·25 (N/10) H_2SO_4 দ্রবণ
≡ 25 × 1·25 সি. সি. (N/10) H_2SO_4 দ্রবণ
≡ 31·25 সি. সি. (N/10) H_2SO_4 দ্রবণ

[এই স্থত্রটির সত্যতা যাচাই করিয়া দেখা যায়,—

(i) 25 সি. সি. 1·25 (N/10) H_2SO_4 দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 থাকে?
1000 সি. সি. (N/10) H_2SO_4 দ্রবণে থাকে $\frac{49}{10}$ গ্রাম H_2SO_4

অতএব 1000 সি. সি. 1·25 (N/10) H_2SO_4 দ্রবণে থাকে
1·25 × $\frac{49}{10}$ গ্রাম H_2SO_4

∴ 25 সি. সি. 1·25 (N/10) H_2SO_4 দ্রবণে থাকে
1·25 × $\frac{49}{10}$ × $\frac{25}{1000}$ গ্রাম H_2SO_4

(ii) $25 \times 1\cdot25$ বা $31\cdot25$ সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 থাকে ?

1000 সি. সি. (N/10) H_2SO_4 দ্রবণে থাকে $\frac{49}{10}$ গ্রাম H_2SO_4

∴ $25 \times 1\cdot25$ বা $31\cdot25$ সি. সি. (N/10) H_2SO_4 দ্রবণে

থাকে $\frac{49}{10} \times \frac{25 \times 1\cdot25}{1000}$ গ্রাম H_2SO_4.

অর্থাৎ, (i) এবং (ii) উভয় ক্ষেত্রেই H_2SO_4-এর পরিমাণ সমান।

অতএব পূর্বোক্ত সূত্রটি সত্য।]

● অম্ল ও ক্ষার উভয়ের শক্তি যদি ভিন্ন হয়, (কিন্তু শক্তির মাত্রা উভয় দ্রবণেরই যদি নর্মালিটি মাত্রায় বিবেচনা করা হয়) তাহা হইলে উহারা যে আয়তনে পরস্পরকে প্রশমিত করে, তাহা একটি অনুপাত অনুসরণ করে। অনুপাতটিকে নিম্নোক্ত সরল সূত্রাকারে প্রকাশ করা হয়।

$$V_1S_1 = V_2S_2$$

সূত্রে—,

V_1 = প্রশমন কালে অম্লের ব্যবহৃত আয়তন (সি. সি.) ;

S_1 = অম্লের শক্তি (নর্মালিটি মাত্রায়) ;

V_2 = প্রশমন কালে ক্ষারের ব্যবহৃত আয়তন (সি. সি.)

S_2 = ক্ষারের শক্তি (নর্মালিটি মাত্রায়)।

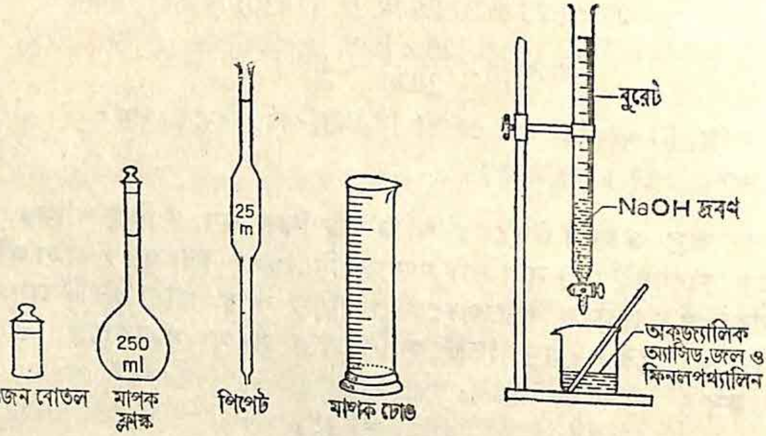
উপরোক্ত সূত্রটি চারিটি রাশিযুক্ত (V_1, S_1, V_2, S_2) ; ইহাদের মধ্যে যে কোন তিনটি জানা থাকিলে, চতুর্থটি গণনা করা যায়। সেই কারণে, এই সূত্রটি অম্লমিতি-ক্ষারমিতির নানা গণনায় বিশেষ সহায়ক।

□ টাইট্রেশন পরীক্ষা ও পূর্বোক্ত সূত্রের প্রয়োগ :

ধরা যাক্, একটি আনুমানিক (N/10) NaOH দ্রবণের সঠিক শক্তি নিরূপণ করিতে হইবে।

প্রথম স্তরে—এই নিরূপণের জন্য একটি জ্ঞাত শক্তির অম্ল দ্রবণ প্রয়োজন। একটি নির্দিষ্ট আয়তনের মাপক-ফ্লাস্ক (measuring flask) (ধরা যাক্ 250 সি. সি. আয়তনের ফ্লাস্ক) লইয়া ইহার মুখে একটি ফানেল লাগানো হইল। একটি ওজন-বোতলে (weighing bottle) কিছু বিশুদ্ধ অক্‌জ্যালিক অ্যাসিড লইয়া ওজন করা হইল। পরে, 250 সি. সি. (N/10) দ্রবণ করিতে যত গ্রাম ওজন লাগে তাহা অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের তুল্যাংকভার হইতে গণনা করিয়া ঐ পরিমাণ (বা উহার কাছাকাছি ওজনের) অক্‌জ্যালিক অ্যাসিড ওজন-বোতল হইতে ফানেলের উপর সাবধানে ঢালা হইল, এবং ওজন বোতলটির আবার ওজন লওয়া হইল। দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে—গৃহীত অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের পরিমাণ জানা যাইবে।

এখন ফানেলের উপর জল ঢালিলে সবটুকু অক্‌জ্যালিক অ্যাসিড দ্রবীভূত হইয়া ফ্লাস্কে সংগৃহীত হইবে। ফানেলটিকে তুলিয়া লইবার পর আরও জল যোগ করিয়া, দ্রবণটিকে



চিত্র নং 8'1

ঠিক নির্দিষ্ট মাপ 250 সি. সি. করা হইল ও পরে ছিপিবদ্ধ করিয়া ঝাঁকাইয়া সমসত্ত্ব করা হইল।

দ্বিতীয় স্তরে—প্রস্তুত করা জ্ঞাত শক্তির অক্‌জ্যালিক অ্যাসিড যোগে অজ্ঞাত-শক্তি NaOH দ্রবণের, নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রশমন এবং প্রশমনকালে উভয়ের আয়তনগুলির নিরূপণ।

ইহার জন্য, একটি বীকার লওয়া হইল এবং পিপেট (pipette) নলের (ধরা যাক্, 25 সি. সি. আয়তনের পিপেট) সাহায্যে, অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের দ্রবণের 25 সি. সি. টানিয়া লইয়া বীকারে রাখা হইল। বীকারে দুই-তিন বিন্দু ফিনোল্‌প্‌থ্যালিন নির্দেশকের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ যুক্ত করা হইল। দ্রবণটি বর্ণহীন থাকিবে, কারণ অম্লীয় দ্রবণে ফিনোল্‌প্‌থ্যালিন বর্ণহীন থাকে। এখন একটি (burette) নল, নির্ণেয় NaOH দ্রবণে পূর্ণ করা হইল এবং টাইট্রেশন সুরু করার আগে বুরেটে দ্রবণতল বুরেট গাত্রে অংকিত স্কেলের যে অংকে আছে [সাধারণতঃ শূন্য (0) অংশে রাখা হয়] তাহা লিপিবদ্ধ করা হইল ও বুরেটটিকে একটি স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকানো হইল। ইহার পর, বুরেটের নীচে নির্দেশকযুক্ত অম্ল দ্রবণের বীকারটিকে রাখিয়া বুরেটের চাবিটি (stopcock) সতর্কভাবে খুলিয়া বিন্দু বিন্দু NaOH-দ্রবণ বীকারের দ্রবণে পড়িতে দেওয়া হইল এবং প্রতিবিন্দু NaOH-দ্রবণ যোগ করার পর বীকারের মিশ্রণটিকে কাচদণ্ডের সাহায্যে উত্তম-রূপে মিশ্রিত করা হইতে লাগিল। কোন বিন্দু NaOH-দ্রবণ যোগ করার পর বীকারের দ্রবণে কোন স্থায়ী বর্ণের উদ্ভব ঘটিতেছে কিনা লক্ষ্য করা প্রয়োজন। দেখা যাইবে একটি স্তরে

বুরেট হইতে পতিত NaOH-দ্রবণের একটি বিন্দু, বীকারের দ্রবণের বর্ণ স্থায়ী গোলাপী করিয়া দিয়াছে। এই অবস্থাটিই অম্ল ও ক্ষারের উভয়ের প্রশমিত অবস্থা। এই অবস্থায় বুরেটের চাবী বন্ধ করিয়া, আবার বুরেটগাত্র সংলগ্ন স্কেল হইতে বুরেটের NaOH-এর দ্রবণ-তল লিপিবদ্ধ করা হইল। আদি ও অন্তে বুরেটের দ্রবণ-তলের পার্থক্য হইতে,—বুরেট হইতে NaOH দ্রবণের কি আয়তন প্রশমনে ব্যবহৃত হইয়াছে তাহা জানা যায়।

তৃতীয় স্তরে—প্রশমনে ব্যবহৃত উভয় দ্রবণের আয়তন হইতে NaOH দ্রবণের অজ্ঞাত শক্তির মাত্রা, সূত্রযোগে গণনা।

ইহা নিম্নোক্তভাবে গণনার সাহায্যে করা যায়,—ধরা যাক্, ব্যবহৃত অক্জ্যালিক অ্যাসিডের শক্তি ছিল—1·02 (N/10)

অক্জ্যালিক অ্যাসিডের আয়তন ছিল (পিপেটের পাঠ হইতে)—25 সি.সি.

ব্যবহৃত NaOH দ্রবণের আয়তন (বুরেটের পাঠ হইতে)—22·20 সি. সি.

ব্যবহৃত NaOH দ্রবণের শক্তি = অজ্ঞাত = x (N/10)

সূত্র হইতে : $V_1S_1 \times V_2S_2$

$$25 \times 1{\cdot}02\ (N/10) = 22{\cdot}2 \times x\ (N/10)$$

$$\therefore\ x = \frac{25 \times 1{\cdot}02}{22{\cdot}2}\ (N/10)$$

$$= 1{\cdot}15\ (N/10)\ (\text{প্রায়})$$

গাণিতিক উদাহরণ

(1) নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির শক্তি নর্মালিটি-মাত্রায় নির্ণয় কর :

(i) লিটারে 5 গ্রাম আছে এমন NaOH-দ্রবণ ;

(ii) 500 সি. সিতে 7 গ্রাম আছে এমন H_2SO_4-দ্রবণ

(iii) 800 সি. সি.'-তে 3·65 গ্রাম আছে এমন HCl-দ্রবণ ;

(i) NaOH-এর গ্রাম তুল্যাংকভার—40 গ্রাম

1 লিটারে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে, শক্তি হয় 1 (N)NaOH

∴ ,, 5 ,, ,, ,, ,, $\frac{5}{40}$(N)NaOH

অর্থাৎ, NaOH-দ্রবণের শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় $\frac{5}{40}$ (N)

= **0·125 (N)**

(ii) H_2SO_4-এর গ্রাম তুল্যাংকভার—49 গ্রাম

500 সি. সিতে H_2SO_4 আছে 7 গ্রাম।

∴ 1000 সি. সিতে ,, ,, 7 × 2 = 14 গ্রাম

1 লিটারে 49 গ্রাম H_2SO_4-থাকিলে শক্তি হয় 1 (N) H_2SO_4

∴ " 14 " " " $\frac{14}{49}$ (N) H_2SO_4

অর্থাৎ, H_2SO_4-দ্রবণের শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় $= \frac{14}{49}$ (N)

$= \mathbf{0{\cdot}2857\ (N)}$

(iii) HCl-এর গ্রাম তুল্যাংকভার—36·5 গ্রাম

800 সি. সি.তে HCl-আছে 3·65 গ্রাম

∴ 1000 সি. সিতে HCl-আছে $\frac{1000 \times 3{\cdot}65}{800}$ গ্রাম

1 লিটারে 36·5 গ্রাম HCl-থাকিলে শক্তি হয় 1 (N) HCl

∴ " " $\frac{1000 \times 36{\cdot}5}{800}$ " " " $\frac{1000 \times 3{\cdot}65}{800 \times 36{\cdot}5}$ (N) HCl

HCl-দ্রবণের শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় $= \frac{1000 \times 3{\cdot}65}{800 \times 36{\cdot}5}$ (N)

$= \mathbf{0{\cdot}125}$ (N)

(2) কোন H_2SO_4-দ্রবণের 25 সি. সি.-কে প্রশমিত করিতে 20 সি. সি. (N/10)NaOH লাগে ; H_2SO_4-দ্রবণের শক্তি (i) নর্মালিটি মাত্রায় ও (ii) গ্রাম/লিটার মাত্রায় নির্ণয় কর।

প্রশমন সূত্রানুসারে, $V_1S_1 = V_2S_2$

প্রদত্ত সমস্যানুসারে $V_1 = 20$ সি. সি. $S_1 = 1$ (N/10)

$V_2 = 25$ সি. সি. $S_2 = x$(N/10)

∴ $20 \times 1(N/10) = 25 \times x(N/10)$

$x = \frac{25}{20}$ (N/10) $= \frac{25}{20} \times \frac{1}{10}$ (N)

$= 0{\cdot}08$ (N)

অতএব, প্রদত্ত H_2SO_4-দ্রবণের শক্তি (নর্মালিটি মাত্রায়) $= \mathbf{0{\cdot}08}$

আবার 1 লিটার (N) H_2SO_4-দ্রবণে, H_2SO_4 থাকে 49 গ্রাম

" " 0·08 (N) ,, " " $(49 \times 0{\cdot}8)$ বা 3·92 গ্রাম

অতএব, প্রদত্ত H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি, গ্রাম/লিটার মাত্রায়

= 3·92 গ্রাম/লিটার

(3) 13% H_2SO_4 দ্রবণ (প্রতি 100 মি. লি. দ্রবণে 13 গ্রাম H_2SO_4) এর মাত্রা মোলারিটি ও মোলালিটিতে প্রকাশ কর। ইহার ঘনত্ব 1·020 গ্রাম/মি. লি. ; এই H_2SO_4 এর 100 মি. লি. লইয়া কত আয়তন পর্যন্ত লঘু করিলে উহার মাত্রা 1·5 (N) হইবে ?

[I. I. T. 1978]

H_2SO_4 এর আণবিক ওজন = 98

প্রতি 1000 মি.লি. দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে দ্রবণটি 1 মোলার বা 1(M)
100 „ „ 9·8 „ „ „ „ „ „ 1(M)
∴ „ „ „ 13 „ „ „ „ $\frac{13}{9 \cdot 8}$ বা **1·327(M)**

আবার H_2SO_4 দ্রবণের ঘনত্ব = 1·020 গ্রাম/মি.লি.
∴ 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণের ওজন = 1·020 × 100 বা 102·0 গ্রাম
কিন্তু 100 „ „ দ্রবণে, H_2SO_4 এর পরিমাণ = 13 গ্রাম
অতএব „ „ „ „ জলের পরিমাণ = (102 − 13) বা 89 গ্রাম
অর্থাৎ, প্রতি 89 গ্রাম জলে 13 গ্রাম H_2SO_4 থাকে
অতএব „ 1000 „ „ $\frac{1000 \times 13}{89}$ „ „ „

প্রতি 1000 গ্রাম জলে, 98 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে দ্রবণটি 1 মোলাল
অতএব „ „ „ „ $\frac{1000 \times 13}{89}$ „ „ „ „ $\frac{1000 \times 13}{89 \times 98}$
বা **1·49 মোলাল**

H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি মোলার মাত্রায় = 1·327 (M)
অতএব „ „ „ নর্মালিটি „ = 2 × 1·327 (N)
100 মি.লি. 2 × 1·327 (N) H_2SO_4 কে লঘু করিয়া 1·5 (N) করিতে হইবে।

ধরা যাক্ লঘুকরণের পর আয়তন হইবে x মি. লি.

$V_1 = 100$ মি. লি. $\quad V_2 = x$ মি. লি.
$S_1 = 2 \times 1 \cdot 327$ (N) $\quad S_2 = 1 \cdot 5$ (N)

অতএব $100 \times 2 \times 1 \cdot 327$ (N) $= x \times 1 \cdot 5$ (N)

$$x = \frac{100 \times 2 \times 1 \cdot 327}{1 \cdot 5} = 177 \text{ মি. লি. (প্রায়)}$$

অতএব 100 মি.লি. H_2SO_4 এর সহিত (177 − 100) বা 77 মি.লি. জল যোগ করিয়া, **177 মি.লি.** পর্যন্ত আয়তন লঘু করিতে হইবে।

(4) 21·2 সি. সি. 3% Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করিতে কোনো H_2SO_4 দ্রবণের 20 সি. সি. লাগে। H_2SO_4 দ্রবণটির শক্তি কত? ঐ শক্তিকে কিরূপে সঠিক (N/10) শক্তিতে পরিণত করা যাইবে?

Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাংকভার 53 গ্রাম
100 সি. সি. Na_2CO_3 দ্রবণে, Na_2CO_3 আছে 3 গ্রাম
∴ 1000 সি. সি. „ „ „ „ 3 × 10 বা 30 গ্রাম
সুতরাং দ্রবণটির নর্মালিটিতে শক্তি = $\frac{30}{53}$ (N)

প্রশমন সূত্রানুসারে, $V_1S_1 = V_2S_2$

এক্ষেত্রে $V_1 = 21.2$ সি. সি. $S_1 = \frac{30}{53}$ (N)

$V_2 = 20$ সি. সি. $S_2 = x$ (N)

$\therefore \quad 21.2 \times \frac{30}{53} (N) = 20 \times x (N)$

$$x = \frac{21.2 \times 30}{20 \times 53} (N)$$

$\equiv 0.6(N)$ (প্রায়) $\equiv 0.6 \times 10(N/10)$ (প্রায়)

$\equiv 6(N/10)$ (প্রায়)

অতএব H_2SO_4 দ্রবণটির শক্তি 0·6(N) বা 6 (N/10)

এখন 20 সি. সি. (6N/10) দ্রবণ $\equiv 20 \times 6$ সি. সি. (N/10) দ্রবণ

$\equiv 120$ সি. সি (N/10) দ্রবণ

অর্থাৎ 20 সি. সি. 6(N/10) দ্রবণে যে পরিমাণ H_2SO_4 থাকে, 120 সি. সি. (N/10) দ্রবণে সেই পরিমাণই H_2SO_4 থাকে।

সুতরাং 20 সি. সি. 6(N/10) দ্রবণে (120 – 20) বা 100 সি. সি. জল যোগ করিলে, উহা 120 সি. সি. (N/10) দ্রবণে পরিণত হইবে।

অন্যভাবে বলা যায়, দ্রবণটির শক্তি 6(N/10) বা, ইহা (N/10) দ্রবণ অপেক্ষা 6 গুণ শক্তিশালী; ইহাকে (N/10) করিতে হইলে 6 গুণ লঘুকরণ (dilution) প্রয়োজন।

দ্রবণটির 6 গুণ লঘুকরণ অর্থে দ্রবণটির 1 আয়তনকে জল যোগে 6 আয়তন করা; অর্থাৎ প্রতি এক আয়তনে (6 – 1) বা 5 আয়তন জল যোগ করিয়া মোট 6 আয়তন করা।

অতএব 20 সি. সি. দ্রবণে জল যোগ করিতে হইবে 20×5 বা 100 সি. সি।

☐ **লঘুকরণ : আলোচনা :** অধিক গাঢ় কোনো অম্ল বা ক্ষার দ্রবণকে লঘুতর মাত্রার অন্য দ্রবণে পরিণত করিতে হইলে জল যোগ করিতে হয় বা **লঘুকরণ** (dilution) করিতে হয়।

এই লঘুকরণ ঘটিত গাণিতিক সমস্যার, সরল সমাধান—গাঢ় দ্রবণটির শক্তি, লঘু দ্রবণটির অপেক্ষা যত গুণনীয়ক পরিমাণে গাঢ়, তত গুণনীয়কে উহাকে লঘুকরণ।

একটি 1·8 (N) দ্রবণকে, 1 (N) দ্রবণে পরিণত করিতে হইলে—দ্রবণটিকে 1·8 গুণ লঘুকরণ প্রয়োজন।

অর্থাৎ 10 সি.সি. দ্রবণকে জল যোগ করিয়া 1.8×10

বা 18 সি.সি.তে পরিবর্তন প্রয়োজন

অর্থাৎ, 10 সি.সি. দ্রবণের সহিত (18 – 10) বা 8 সি.সি. জল যোগ করা প্রয়োজন

অনুরূপ ভাবে 100 সি.সি. দ্রবণকে, জল যোগ করিয়া 100×1.8
বা 180 সি.সি.'তে পরিবর্তন প্রয়োজন

অর্থাৎ 100 সি.সি. দ্রবণের সহিত, (180 − 100) বা 80 **সি.সি.** জল যোগ করা প্রয়োজন।

(5) 10 গ্রাম সোডা কেলাস (Na_2CO_3, $10H_2O$) একটি HCl দ্রবণের 50 সি.সি. প্রশমিত করে। এই অ্যাসিডের নর্মাল দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে কত সি.সি. অ্যাসিডের সহিত জল মিশাইয়া এক লিটার করিতে হইবে?

$$Na_2CO_3, 10H_2O + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + 11H_2O$$

286 গ্রাম $\quad 2 \times 36.5$ গ্রাম

2000 সি.সি. (N)

286 গ্রাম সোডা কেলাস 2000 সি.সি. (N) HCl কে প্রশমিত করে

অতএব 10 " " " $\frac{2000 \times 10}{286}$ বা 69·93 সি. সি. (N) HCl কে
প্রশমিত করে

কিন্তু, প্রশমিত HCl এর আয়তন = 50 সি.সি.

$V_1 = 69.93$ সি.সি. $\quad V_2 = 50$ সি.সি.

$S_1 = 1$ (N) $\quad S_2 = x$ (N)

অতএব, $69.93 \times 1 \text{ (N)} = 50 \times x \text{ (N)}$

$\therefore \quad x = \frac{69.93}{50}$ বা 1·3986 (N)

যেহেতু HCl দ্রবণটি (N) অপেক্ষা 1·3986 গুণ বেশী, উহাকে (N) করিতে হইলে 1·3986 গুণ লঘুকরণ করিতে হইবে।

অর্থাৎ 100 সি.সি. অ্যাসিড দ্রবণকে 100×1.3986 বা 139·86 সি.সি. করিতে হইবে।

অন্যকথায় 139·86 সি.সি. (N) দ্রবণ প্রস্তুত করিতে 100 সি.সি. অ্যাসিড প্রয়োজন

অতএব, 1000 " (N) " " " $\frac{1000 \times 100}{139.86}$ " " "

বা **715 সি.সি.** " "

□ দ্রবণের সহিত ওজন বা আয়তনমাত্রিক ভিত্তিতে প্রশমন:

আলোচনা:

অনেক ক্ষেত্রে অম্লমিতি-ক্ষারমিতিতে প্রশমনের ক্ষেত্রে বিক্রিয়কগুলির কোনো কোনোটি দ্রবণরূপে ক্রিয়া না করিয়া কঠিন বা গ্যাসীয়রূপেও বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিতে পারে। এরূপ ক্ষেত্রে—পূর্বে আলোচিত ওজন ও আয়তন সংক্রান্ত গণনার ক্ষেত্রে যে সূত্রগুলি ব্যবহৃত হইয়াছে ঐগুলির প্রয়োগ করিয়া অম্লমিতি-ক্ষারমিতির গণনা করা হয়।

(6) লিটার প্রতি 4·74 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত করিয়া একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। ঐ ক্ষার দ্রবণের 60 সি.সি.কে প্রশমিত করিতে N.T.P.'তে কত আয়তন HCl-গ্যাস প্রয়োজন? [ক. বি. মাধ্যমিক]

NaOH দ্রবণটির শক্তি $= \frac{4·74}{40}$(N) [∵ NaOH এর গ্রাম-তুল্যাংক = 40 গ্রাম]

প্রশমন বিক্রিয়া $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

40 গ্রাম 36·5 গ্রাম

1000 সি. সি. (N) 22·4 লিটার (N.T.P.)

60 সি.সি. $\frac{4·74}{40}$ (N) NaOH দ্রবণ $\equiv \frac{60 \times 4·74}{40}$ সি.সি. (N) NaOH দ্রবণ

সমীকরণ হইতে 1000 সি. সি. (N) NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করে

22·4 লিটার HCl-গ্যাস (N.T.P.'তে)

∴ $\frac{60 \times 4·74}{40}$ সি.সি. (N) NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিবে

$\frac{60 \times 4·74 \times 22·4}{40 \times 1000}$ লিটার HCl-গ্যাস (N.T.P.'তে)

বা **0·15926 লিটার** HCl-গ্যাস (N.T.P.'তে)।

(7) 30°C ও 0·90 বায়ুচাপে 2 লিটার NH_3 গ্যাস 134 মি. লি. H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করিতে পারে। অ্যাসিডের মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর। [I. I. T. 1978]

ধরা যাক্, প্রদত্ত NH_3-গ্যাসের N.T.P.'তে আয়তন $= x$ লিটার

$P_1 = 0·90$ বায়ুচাপ $\quad P_2 = 1$ বায়ুচাপ

$V_1 = 2$ লিটার $\quad V_2 = x$ লিটার

$T_1 = (273 + 30)°A \quad T_2 = 273°A.$

$$\frac{0·90 \times 2}{303} = \frac{1 \times x}{273}$$

$$\therefore \; x = \frac{0·90 \times 2 \times 273}{303} = 1·622 \text{ লিটার}$$

প্রশমন : $H_2SO_4 + 2NH_3 = (NH_4)_2SO_4$

98 গ্রাম $\quad 2 \times 17$ গ্রাম

49 গ্রাম $\quad$ 17 গ্রাম

1000 মি. লি. (N) 22·4 লিটার (N.T.P.)

22·4 লিটার NH_3 (N.T.P.'তে) 1000 মি.লি. (N) H_2SO_4কে প্রশমিত করে

∴ 1·622 " " " $\frac{1·622 \times 1000}{22·4}$ " (N) " " "

বা 72·43 " (N) " " "

প্রশমিত H_2SO_4 এর প্রদত্ত পরিমাণ = 134 মি.লি.

ধরা যাক্ " " " শক্তি মাত্রা = x(N)

$V_1 = 72{\cdot}43$ মি.লি. $V_2 = 134$ মি. লি.

$S_1 = 1$ (N) $S_2 = x$ (N)

$\therefore \; 72{\cdot}43 \times 1 \text{ (N)} = 134 \times x \text{ (N)}$

$$\therefore \; x = \frac{72{\cdot}43}{134} = 0{\cdot}5405 \text{ (N)}$$

অতএব প্রদত্ত অ্যাসিডের শক্তি মাত্রা = **0·5405 (N).**

(8) অতিরিক্ত FeSকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া 0°C উষ্ণতা ও 760 মি.মি. চাপে 560 সি.সি. সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) পাওয়া গেল। ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিডের নর্মালিটি নির্ণয় কর। [ক. বি. মাধ্যমিক]

বিক্রিয়া : $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$

98 গ্রাম 34 গ্রাম

2000 সি.সি. (N) 22·4 লিটার (N.T.P.)

N.T.P.'তে 22400 সি.সি. H_2S উৎপন্ন করিতে 2000 সি.সি. (N) H_2SO_4 লাগে

$\therefore$ " 560 " " " " $\dfrac{560 \times 2000}{22400}$

বা 50 সি.সি. (N) H_2SO_4 লাগে

কিন্তু, ব্যবহৃত H_2SO_4 = 125 সি.সি. (x) N

$$V_1S_1 = V_2S_2$$

$$125 \times x\text{(N)} = 50 \times 1\text{(N)}$$

$$x = \tfrac{50}{125} = 0{\cdot}4 \text{ (N)}$$

$\therefore$ ব্যবহৃত H_2SO_4 এর নর্মালিটিতে শক্তিমাত্রা = **0·4(N).**

(9) 1 কিলোগ্রাম বিশুদ্ধ মার্বেল পাথর হইতে যে পরিমাণ চুন পাওয়া যায়, উহাকে প্রশমিত করিতে কত লিটার (N/10) HCl প্রয়োজন?

$CaCO_3 = CaO + CO_2$

100 গ্রাম 56 গ্রাম

$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$

56 গ্রাম $2 \times 36{\cdot}5$ গ্রাম

2×1000 সি.সি. (N)

সুতরাং 100 গ্রাম $CaCO_3 \equiv 2000$ সি.সি. (N) HCl

$\therefore$ 1000 " " $\equiv 20{,}000$ সি.সি. (N) HCl

$\equiv 20$ লিটার (N) HCl

$\equiv 20 \times 10$ লিটার (N/10) HCl.

বা 1 কিলোগ্রাম $CaCO_3 \equiv$ **200 লিটার** (N/10) HCl.

(10) 7·5 গ্রাম চকখড়ির ($CaCO_3$) সহিত 250 সি. সি. (N) HCl দ্রবণের বিক্রিয়া করানো হইল ; বিক্রিয়ার শেষে অতিরিক্ত HCl-কে প্রশমিত করিতে কি পরিমাণ (N/2) KOH লাগিবে ?

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

100 গ্রাম 2×36·5 গ্রাম

↓

2×1000 সি. সি. (N) HCl দ্রবণ

100 গ্রাম $CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া করে 2000 সি. সি. (N)HCl-দ্রবণ।

∴ 7·5 গ্রাম " " " $\frac{7.5 \times 2000}{100}$

বা, 150 সি. সি. (N)HCl দ্রবণ

মোট ব্যবহৃত HCl-দ্রবণ = 250 সি. সি. (N)HCl

$CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়ার ব্যবহৃত HCl-দ্রবণ = 150 সি. সি. (N) HCl

∴ $CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া শেষে অতিরিক্ত HCl-দ্রবণ

= (250 − 150) বা 100 সি. সি. (N)HCl

100 সি. সি. (N) HCl-দ্রবণ ≡ 100 সি. (N) KOH দ্রবণ

≡ 100 সি. সি. × 2(N/2)KOH দ্রবণ

≡ 200 সি. সি. (N/2)KOH দ্রবণ

অতএব, অতিরিক্ত HCl-কে প্রশমিত করিতে (N/2) KOH লাগে **200 সি.সি.**।

(11) 0·01 গ্রাম-পরমাণু জিংককে 90·5 সি. সি. কোন লঘু H_2SO_4 দ্রবণে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করিতে 17·5 সি. সি. 0·15(N) কষ্টিক সোডা দ্রবণ লাগিল। অ্যাসিডটির নর্মালিটি এবং উৎপন্ন জিংক সালফেটের পরিমাণ নির্ণয় কর। [পাঃ ওঃ—Zn = 65·38 ; S = 32·00 ; O = 16·00]

[জয়েণ্ট এণ্ট্রান্স 1979]

প্রদত্ত সমস্যায়, যে H_2SO_4 ব্যবহার করা হইয়াছে উহা Zn কে দ্রবীভূত করিয়া কিছু অতিরিক্ত ছিল ; এই অতিরিক্ত H_2SO_4, NaOH যোগে প্রশমিত হইয়াছে।

17·5 সি. সি. 0·15(N) NaOH ≡ 17·5 × 0·15 সি. সি. (N) NaOH

≡ 2·625 সি. সি. (N) NaOH

≡ 2·625 সি. সি. (N) H_2SO_4

1 গ্রাম পরমাণু জিংক = 65·38 গ্রাম Zn.

∴ 0·01 " " " = 0·6538 " "

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

65·38 গ্রাম 98 গ্রাম

2000 সি. সি. (N)

65·38 গ্রাম Zn বিক্রিয়া করে, 2000 সি. সি. (N) H_2SO_4 এর সহিত

0·6538 গ্রাম Zn বিক্রিয়া করে, $\frac{0 \cdot 6538 \times 2000}{65 \cdot 38}$

বা 20 সি. সি. (N) H_2SO_4 এর সহিত

20 সি. সি. (N) H_2SO_4 ব্যবহৃত হইলে, জিংক দ্রবীভূত হওয়ার পর অতিরিক্ত অ্যাসিড থাকিত না।

কিন্তু প্রদত্ত সমস্যায়, অ্যাসিড অতিরিক্ত ছিল এবং উহার পরিমাণ 2·625 সি. সি. (N) H_2SO_4।

অতএব, বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত মোট $H_2SO_4 = (20 + 2 \cdot 625)$

বা 22·625 সি. সি. (N)

কিন্তু প্রদত্ত সমস্যায়, ব্যবহৃত H_2SO_4 অ্যাসিডের আয়তন = 90·5 সি. সি.

ধরা যাক ,, ,, ,, শক্তিমাত্রা = x(N)

$V_1 = 22 \cdot 625$ সি. সি. $V_2 = 90 \cdot 5$ সি. সি.

$S_1 = 1$ (N) $S_2 = x$ (N)

$\therefore \quad 22 \cdot 625 \times 1(N) = 90 \cdot 5 \times x(N)$

$\therefore \quad x = \frac{22 \cdot 625}{90}$ বা **0·25 (N)**

সুতরাং অ্যাসিডের শক্তিমাত্রা ছিল **0·25 (N)**

আবার, সমীকরণ অনুসারে—

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

65·38 গ্রাম $(65 \cdot 38 + 32 + 4 \times 16)$

161·38 গ্রাম

65·38 গ্রাম Zn, 161·38 গ্রাম $ZnSO_4$ উৎপন্ন করে

$\therefore$ 0·01 গ্রাম পরমাণু বা 0·6538 গ্রাম Zn—$\frac{0 \cdot 6538 \times 161 \cdot 38}{65 \cdot 38}$

বা **1·6138 গ্রাম** $ZnSO_4$ উৎপন্ন করে

☐ মিশ্র দ্রবণের শক্তি : আলোচনা :

যখন একাধিক বিভিন্ন শক্তির (নর্মালিটি মাত্রায়) বিভিন্ন দ্রবণ, বিভিন্ন আয়তনে মিশ্রিত করা হয়, তখন মিশ্রণের পর মোট দ্রবণের নর্মালিটি মাত্রা ভিন্ন হয়।

এইরূপ গণনার ক্ষেত্রে প্রথমতঃ বিভিন্ন আয়তন ও বিভিন্ন শক্তির দ্রবণকে, একই শক্তিতে গণনা করা হয় ; এইভাবে দ্রবণগুলির একই শক্তির যে বিভিন্ন আয়তন পাওয়া যায়, উহার সহিত যুক্ত দ্রবণগুলির মোট প্রকৃত আয়তনকে মিলাইয়া, গণনা করিলে উৎপন্ন নূতন নর্মালিটি পাওয়া যায়।

(12) 0·08 (N) একটি কষ্টিক সোডা দ্রবণের 25 সি.সি.র সহিত 0·09 (N) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের 20 সি.সি. মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন মিশ্রিত ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটিতে কত ?

এই মিশ্রিত ক্ষার দ্রবণের 30 সি.সি. একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 50 সি.সি.কে প্রশমিত করে। অ্যাসিড দ্রবণটির নর্মালিটি কত ? [H. S. 1962]

মিশ্রণের পর ক্ষারীয় দ্রবণের প্রকৃত মোট আয়তন = 25 + 20 = 45 সি.সি.

25 সি.সি. 0·08 (N) NaOH দ্রবণ ≡ 25 × 0·08 সি.সি. (N) NaOH দ্রবণ
≡ 2 সি.সি. (N) NaOH দ্রবণ

20 সি.সি. 0·09(N) Na_2CO_3 দ্রবণ ≡ 20 × 0·09 সি.সি. (N) Na_2CO_3 দ্রবণ
≡ 1·80 সি.সি. (N) Na_2CO_3 দ্রবণ
≡ 1·80 সি.সি. (N) NaOH দ্রবণ

সুতরাং দুইটি দ্রবণের মিশ্রণ ≡ (2 + 1·8) বা 3·8 সি.সি. (N) NaOH দ্রবণ
কিন্তু মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃত আয়তন = 45 সি.সি. ;
ধরা যাক্ এই দ্রবণের শক্তি x(N)

$V_1 = 45$ সি.সি. $\qquad V_2 = 3{\cdot}8$ সি.সি.
$S_1 = x(N) \qquad S_2 = 1(N)$

$$V_1S_1 = V_2S_2$$
$$45 \times x(N) = 3{\cdot}8 \times 1(N)$$
$$\text{বা } x = \frac{3{\cdot}8}{45} = 0{\cdot}0844\ (N)$$

অতএব মিশ্র ক্ষারীয় দ্রবণটির শক্তি = **0·0844 (N)**

আবার 30 সি.সি. মিশ্র ক্ষারীয় দ্রবণ, 50 সি.সি. H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করে।

ধরা যাক্, H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি x(N)

$V_1 = 30$ সি.সি. $\qquad V_2 = 50$ সি.সি.
$S_1 = 0{\cdot}0844\ (N) \qquad S_2 = x\ (N)$

$$30 \times 0{\cdot}0844\ (N) = 50 \times x\ (N)$$
$$x = \frac{30 \times 0{\cdot}0844}{50} = 0{\cdot}05064\ (N)$$

অতএব, সালফিউরিক অ্যাসিডের শক্তি = **0·05064 (N)**.

(13) 30 সি.সি. 0·2 (N) HCl, 15 সি.সি. 0·04 (N) H_2SO_4, 30 সি.সি. 0·1 (N) NaOH মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটির প্রকৃতি কি বল এবং উহার শক্তি নর্মালিটিতে নির্ণয় কর।

30 সি.সি. 0·2 (N) HCl ≡ 30 × 0·2 সি. সি. (N) HCl
≡ 6 সি.সি. (N) HCl

15 সি.সি. 0·04(N) $H_2SO_4 \equiv 15 \times 0·04$ সি.সি. (N) H_2SO_4

$\equiv 0·60$ সি.সি. (N) H_2SO_4

$\equiv 0·60$ সি.সি. (N) HCl

30 সি.সি. 0·1 (N) NaOH $\equiv 30 \times 0·1$ সি.সি. (N) NaOH

$\equiv 3$ সি.সি. (N) NaOH.

উৎপন্ন মোট অ্যাসিড $\equiv (6+0·60)$ বা 6·60 সি.সি. (N) HCl

" " ক্ষার $\equiv 3$ সি.সি. (N) NaOH.

3 সি.সি. (N) NaOH, 3 সি.সি. (N) HClকে প্রশমিত করে

অতএব অপ্রশমিত মোট অ্যাসিড $= (6·6-3)$ বা 3·6 সি.সি. (N)HCl

স্থতরাং চূড়ান্ত দ্রবণটি—**অ্যাসিডধর্মী**

মিশ্রিত দ্রবণগুলির মোট আয়তন $= (30+15+30)$ বা 75 সি.সি.

ধরা যাক্ মিশ্রিত দ্রবণের শক্তি $= x$ (N)

$V_1 = 3·6 \qquad V_2 = 75$

$S_1 = 1$ (N) $\qquad S_2 = x$ (N)

$3·6 \times 1$ (N) $= 75 \times x$ (N)

$\therefore \quad x = \frac{3·6}{75}$ (N) বা 0·048 (N)

অতএব মিশ্রিত দ্রবণের শক্তি **0·048 (N).**

(14) 50 মি. লি. (N/2) NaOH দ্রবণের সহিত 50 মি.লি. (N) H_2SO_4 দ্রবণ মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রিত দ্রবণ অম্লীয় না ক্ষারীয়? দ্রবণটির শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় নির্ণয় কর। [H. S. 1963]

50 মি.লি. (N/2) NaOH $\equiv 50 \times \frac{1}{2}$ মি.লি. (N) NaOH

$\equiv 25$ মি.লি. (N) NaOH

25 মি.লি. (N) NaOH, 25 মি.লি. (N) H_2SO_4কে প্রশমিত করে

$\therefore$ অপ্রশমিত $H_2SO_4 = (50-25)$ বা 25 মি.লি. (N)

স্থতরাং মিশ্রিত দ্রবণটি **অম্লীয়**।

আবার মিশ্রিত দ্রবণের মোট আয়তন $= (50+50)$ বা 100 মি.লি.

ধরা যাক্ এই দ্রবণের শক্তি $= x$(N)

$V_1 = 25$ মি.লি. $\qquad V_2 = 100$ মি.লি.

$S_1 = 1$ (N) $\qquad S_2 = x$ (N)

$$V_1S_1 = V_2S_2$$

25×1 (N) $= 100 \times x$ (N)

$\therefore x = \frac{25}{100}$ বা **0·25(N).**

(15) 95% বিশুদ্ধ NaOH-এর 10 গ্রাম লইয়া 200 মি. লি. দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল ; ইহাতে 50 মি. লি. 1·5(N) HCl মিশ্রিত করার পর, সমস্ত দ্রবণটিকে 500 মি. লি. পর্যন্ত লঘু করা হইল। এই দ্রবণ অম্লীয় না ক্ষারীয়? দ্রবণটির মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর। [N. B. P. U. 1963]

10 গ্রাম NaOH নমুনাতে বিশুদ্ধ NaOH $= \frac{95}{100} \times 10 = 9·5$ গ্রাম

200 মি. লি. NaOH দ্রবণে NaOH এর পরিমাণ $= 9·5$ গ্রাম
1000 „ „ „ „ „ „ $= 9·5 \times 5$ গ্রাম

অতএব NaOH-এর দ্রবণ $= \frac{9·5 \times 5}{40}$(N)

200 মি. লি. $\frac{9·5 \times 5}{40}$(N) NaOH দ্রবণ

$\equiv \frac{200 \times 9·5 \times 5}{40}$ মি. লি. (N) NaOH দ্রবণ

$\equiv 237·5$ মি. লি. (N) NaOH দ্রবণ

50 মি. লি. 1·5(N) HCl $\equiv 50 \times 1·5$ মি. লি. (N) HCl

$\equiv 75·0$ মি. লি. (N) HCl.

75 মি. লি. (N) HCl, 75 মি. লি. (N) NaOH কে প্রশমিত করে।
অতএব অপ্রশমিত NaOH $= (237·5 - 75)$ বা 162·5 মি. লি. (N)
সুতরাং, দ্রবণটি **ক্ষারীয় হইবে।**

এই দ্রবণকে লঘু করিয়া 500 মি. লি. করার পর, উহার মাত্রা যদি x(N) হয়

$V_1 = 162·5$ মি. লি. $\quad V_2 = 500$ মি. লি.
$S_1 = 1$(N) $\quad S_2 = x$(N)

$162·5 \times 1(N) = 500 \times x(N)$

$\therefore \quad x = \frac{162·5}{500}$ বা 0·325(N)

অতএব, দ্রবণটির মাত্রা—**0·325(N)**

(16) দুইটি অ্যাসিড দ্রবণ লওয়া হইল। একটির মাত্রা 0·1(N) এবং অপরটির মাত্রা 0·15(N)। এই দুইটি দ্রবণ কি অনুপাতে মিশ্রিত করিলে মিশ্র দ্রবণের মাত্রা 0·115(N) হইবে।

ধরা যাক্, 0·1(N) শক্তির x মি. লি. অ্যাসিড, 0·15(N) শক্তির y সি. সি. অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিতে হইবে।

এই মিশ্রণের ফলে, মিশ্রণের আয়তন হইবে $(x+y)$ সি. সি.

এখন, x সি. সি. 0·1(N) অ্যাসিড $\equiv x \times 0{\cdot}1$ সি. সি. (N) অ্যাসিড

$$\equiv \frac{x \times 0{\cdot}1}{0{\cdot}115} \text{ „ } 0{\cdot}115(N) \text{ „}$$

y সি. সি. 0·15(N) অ্যাসিড $\equiv y \times 0{\cdot}15$ সি. সি. (N) „

$$\equiv \frac{y \times 0{\cdot}15}{0{\cdot}115} \text{ সি. সি. } 0{\cdot}115(N) \text{ অ্যাসিড}$$

সুতরাং, প্রদত্ত প্রশ্নানুযায়ী

$(x+y)$ সি. সি. 0·115(N) অ্যাসিড

$$= \left(\frac{x \times 0{\cdot}1}{0{\cdot}115} + \frac{y \times 0{\cdot}15}{0{\cdot}115}\right) \text{ সি. সি. } 0{\cdot}115(N) \text{ অ্যাসিড}$$

$$\therefore \quad x+y = \frac{x \times 0{\cdot}1}{0{\cdot}115} + \frac{y \times 0{\cdot}15}{0{\cdot}115} \quad \text{বা} \quad \frac{x}{y} = \frac{7}{3}$$

সুতরাং অ্যাসিড দুইটির মিশ্রণের অনুপাত, যথাক্রমে 7 : 3.

(17) 0·5 (N) শক্তির একটি অ্যাসিডকে, 0·3(N) শক্তির একটি ক্ষারের সহিত কোন আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিলে, মিশ্রণটি ক্ষারীয় হইবে এবং মিশ্রণটির শক্তিমাত্রা 0·05 (N) হইবে ? [আদর্শ প্রশ্ন : উ. মা. শি. প.]

ধরা যাক্ মিশ্রণীয় অ্যাসিডের আয়তন $= x$ সি. সি.

এবং মিশ্রণীয় ক্ষারের আয়তন $= y$ সি. সি.

x সি. সি. 0·5 (N) অ্যাসিড $\equiv x \times 0{\cdot}5$ সি. সি. (N) অ্যাসিড

y সি. সি. 0·3 (N) ক্ষার $\equiv y \times 0{\cdot}3$ সি. সি. (N) ক্ষার

যেহেতু মিশ্রণের পর শেষ দ্রবণটির প্রকৃতি ক্ষারীয়

অতএব, $y \times 0{\cdot}3$ সি. সি. $> x \times 0{\cdot}5$ সি. সি.

এখন $x \times 0{\cdot}5$ সি. সি. অ্যাসিড, $x \times 0{\cdot}5$ সি. সি. ক্ষারকে প্রশমিত করে

অতএব অপ্রশমিত ক্ষার $\equiv (y \times 0{\cdot}3 - x \times 0{\cdot}5)$ সি. সি. (N)

মিশ্রণের পর দ্রবণের মোট আয়তন $= x+y$ সি. সি.

„ „ „ „ শক্তি $= 0{\cdot}05$(N)

অতএব $V_1 = (x+y)$ সি. সি. $\quad V_2 = (y \times 0{\cdot}3 - x \times 0{\cdot}5)$ সি. সি.

$S_1 = 0{\cdot}05$ (N) $\quad S_2 = 1$ (N)

$$\therefore \quad (x+y) \times 0{\cdot}05(N) = (y \times 0{\cdot}3 - x \times 0{\cdot}5) \times 1(N)$$

$$0{\cdot}05x + 0{\cdot}05y = 0{\cdot}3y - 0{\cdot}5x$$

$$0{\cdot}55x = 0{\cdot}25y$$

$$\text{বা} \quad \frac{x}{y} = \frac{0{\cdot}25}{0{\cdot}55} = \frac{5}{11}$$

অতএব, **5 সি. সি.** প্রদত্ত অ্যাসিডের সহিত **11 সি. সি.** প্রদত্ত ক্ষার মিশ্রিত করিতে হইবে।

□ প্রশমন ও তুল্যাংকভারের গণনা : আলোচনা :

1 লিটার (N) অ্যাসিড 1 গ্রাম-তুল্যাংক ক্ষারকে, এবং বিপরীতক্রমে 1 লিটার (N) ক্ষার 1 গ্রাম-তুল্যাংক অ্যাসিডকে প্রশমিত করে। এই নীতিকে ভিত্তি করিয়া, কিছু কিছু অম্লমিতি-ক্ষারমিতির সহিত সংশ্লিষ্ট তুল্যাংকভারের গাণিতিক সমস্যা সমাধান করা যায়।

তুল্যাংকভারভিত্তিক এই প্রশমনের নীতি, পরিবর্ধিত করিয়া, কখনো কখনো অম্লমিতি-ক্ষারমিতির সাহায্যে ধাতুর তুল্যাংকভারও নির্ণয় করা যায়।

(18) একটি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিডের আণবিক ওজন 126। এই অ্যাসিডের 22·5 সি. সি. দ্রবণকে (এই দ্রবণের প্রতি 250 সি. সি.তে অ্যাসিডটির 1·4175 গ্রাম দ্রবীভূত আছে) প্রশমিত করিতে 25 সি. সি. NaOH দ্রবণ লাগে। আবার ঐ NaOH দ্রবণের 10 সি. সি. কে প্রশমিত করিতে 8 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণ লাগে। H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি নির্ণয় কর। [ক. বি. মাধ্যমিক]

অ্যাসিডের আণবিক ওজন = 126

" ক্ষারগ্রাহিতা = 2

∴ " তুল্যাংকভার $= \frac{126}{2} = 63.$

1000 সি. সি. (N) অ্যাসিড দ্রবণে, অ্যাসিড থাকে 63 গ্রাম

1000 সি. সি. (N/10) " " " " 6·3 "

∴ 250 " (N/10) " " " " $\frac{6.3}{4}$ বা 1·575 গ্রাম

কিন্তু প্রদত্ত অ্যাসিড দ্রবণের 250 সি. সি.'তে অ্যাসিড আছে = 1·4175 গ্রাম

∴ " " " শক্তি $= \frac{1.4175}{1.5750} = 0.9$ (N/10)

25 সি. সি. NaOH দ্রবণ 22·5 সি. সি. অ্যাসিড [$f = 0.9$ (N/10)] প্রশমিত করে।

$V_1 = 25$ সি. সি. $V_2 = 22.5$ সি. সি.

$S_1 = x$(N/10) $S_2 = 0.9$ (N/10)

$$25 \times x \text{ (N/10)} = 22.5 \times 0.9 \text{ (N/10)}$$

$$\therefore \quad x = \frac{22.5 \times 0.9}{25} \text{ (N/10)}$$

$$= 0.81 \text{ (N/10)}$$

অতএব NaOH দ্রবণের শক্তি = **0·81** (N/10).

আবার 10 সি.সি. 0·81 (N/10)NaOH, 8 সি.সি. H_2SO_4কে প্রশমিত করে

ধরা যাক্ H_2SO_4 এর শক্তি $= x(N/10)$

$V_1 = 8$ সি.সি $\quad V_2 = 10$ সি.সি.

$S_1 = x\ (N/10) \quad S_2 = 0{\cdot}81\ (N/10)$

$$8 \times x\ (N/10) = 10 \times 0{\cdot}81\ (N/10)$$

$$x = \frac{10 \times 0{\cdot}81}{8}\ (N/10) = 1{\cdot}012\ (N/10)$$

অতএব H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি = **1·012 (N/10)** বা **0·1012 (N).**

(19) একটি অ্যাসিডের 2·25 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটিকে 250 সি.সি করা হইল। ঐ দ্রবণের 25 সি.সি.কে প্রশমিত করিতে 1·25 (N/10) মাত্রার একটি ক্ষার দ্রবণের 40 সি.সি. লাগে। অ্যাসিডটির তুল্যাংকভার কত? অ্যাসিডটির আণবিক ওজন 90 হইলে, উহার ক্ষারগ্রাহিতা কত?

40 সি.সি. 1·25 (N/10) ক্ষার দ্রবণ $\equiv 40 \times 1{\cdot}25 \times \frac{1}{10}$ সি.সি. (N) ক্ষার দ্রবণ

$\equiv 5$ সি.সি. (N) ক্ষার দ্রবণ

5 সি.সি. (N) ক্ষার দ্রবণ প্রশমিত করে, 25 সি.সি. প্রদত্ত অ্যাসিড দ্রবণ

∴ 1000 ,, ,, ,, ,, 25×200

বা 5000 সি.সি. ,, ,, ,,

1000 ,, ,, ,, 1 তুল্যাংকভার অ্যাসিডকে প্রশমিত করে

∴ 5000 সি.সি. অ্যাসিড দ্রবণে 1 তুল্যাংকভার অ্যাসিড আছে

প্রদত্ত সমস্যানুসারে 250 সি.সি. ,, 2·25 গ্রাম ,, ,,

∴ 5000 ,, ,, $2{\cdot}25 \times 20$

বা 45 গ্রাম ,, ,,

অতএব অ্যাসিডের তুল্যাংকভার = 45

,, আণবিক ওজন = **90**

∴ ,, ক্ষারগ্রাহিতা $= \frac{90}{45} = 2$.

(20) 0·11 গ্রাম Mg ধাতুকে 50 সি. সি. (N/2) H_2SO_4 যোগে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 16 সি.সি. (N) NaOH লাগে। Mg-এর তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

50 সি.সি. (N/2) $H_2SO_4 \equiv 50 \times \frac{1}{2}$ সি.সি. (N) H_2SO_4

$\equiv 25$ সি.সি. (N) H_2SO_4

16 সি.সি. (N) NaOH $\equiv 16$ সি.সি. (N) H_2SO_4

∴ (25 − 16) বা 9 সি.সি. (N) H_2SO_4, 0·11 গ্রাম Mg'কে দ্রবীভূত করিতে লাগিয়াছে।

বা 1000 সি.সি. (N) H_2SO_4, $\frac{0.11 \times 1000}{9}$ বা 12·2 গ্রাম

Mgকে দ্রবীভূত করিয়াছে

বা 1 তুল্যাংকভার H_2SO_4 12·2 গ্রাম " " "

তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা হইতে জানি—1 তুল্যাংকভার H_2SO_4, 1 তুল্যাংকভার Mgকে দ্রবীভূত করে

∴ Mg-এর তুল্যাংকভার = 12·2.

□ ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও অ্যামোনিয়াম লবণযোগে প্রশমন : আলোচনা :

(i) ক্যালসিয়াম কার্বনেট—লবণ হইলেও সকল সাধারণ অ্যাসিডকেই প্রশমিত করিয়া, ক্যালসিয়াম লবণ, কার্বন ডায়কসাইড ও জল উৎপন্ন করে—

$$CaCO_3 + 2HX = CaX_2 + H_2O + CO_2.$$

এই বিক্রিয়াকে ভিত্তি করিয়া, $CaCO_3$এর পরিমাণ জানা থাকিলে অ্যাসিডের মাত্রা এবং বিপরীতক্রমে অ্যাসিডের মাত্রা জানা থাকিলে $CaCO_3$ এর পরিমাণ জানা যায়। শেষোক্ত ক্ষেত্র হইতে, অশুদ্ধ $CaCO_3$ এর মধ্যে অশুদ্ধির পরিমাণ, বা অশুদ্ধ নমুনার মধ্যে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ এর পরিমাণ গণনা করা যায়।

(ii) অ্যামোনিয়াম লবণগুলি তীব্র ক্ষার যোগে উত্তাপসহ বিক্রিয়া করিলে, ক্ষারধর্মী অ্যামোনিয়া গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$NH_4X + MOH = MX + NH_3 + H_2O$$

উদ্ভূত অ্যামোনিয়া গ্যাসের যথার্থ পরিমাণ হিসাব করিলে, উৎপাদক অ্যামোনিয়াম লবণের পরিমাণ, বিশুদ্ধতার মাত্রা, বা অশুদ্ধির মাত্রা গণনা করা যায়।

অথবা, **অ্যামোনিয়াম লবণের সহিত বিক্রিয়ায় যথার্থ কি পরিমাণ ক্ষার লাগে,** উহার হিসাব করিয়া তাহা হইতেও অ্যামোনিয়াম লবণের—পরিমাণ, বিশুদ্ধতার মাত্রা বা অশুদ্ধির মাত্রা গণনা করা যায়।

(21) একটি বিশুদ্ধ নমুনার চকখড়ির (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) 2·5 গ্রামের সহিত 25 মি.লি. HCl দ্রবণ যোগ করা হইল ; গ্যাসের উদ্ভব শেষ হইবার পর দেখা গেল নমুনাটির 50% অদ্রবীভূত রহিয়াছে। অ্যাসিডটির শক্তি (i) নর্মালিটি মাত্রায় ও (ii) গ্রাম/লিটারে, গণনা কর। (Ca = 40) [উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন]

যেহেতু নমুনাটির 50% অংশ অদ্রবীভূত রহিয়াছে, অতএব নমুনাটির 50% অংশমাত্র বিক্রিয়া করিয়াছে।

অর্থাৎ, বিক্রিয়া করিয়াছে $CaCO_3$ এর = $\frac{2.5}{2}$ বা 1·25 গ্রাম

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

100 গ্রাম   2×36·5 গ্রাম

2×1000 সি.সি. (N)

100 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$, 2000 সি.সি. (N) HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করে

∴ 1·25 „ „ „ $\frac{1.25 \times 2000}{100}$ বা 25 সি.সি. (N) „ „

$V_1 = 25$ সি.সি. $V_2 = 25$ সি.সি.

$S_1 = 1$ (N) $S_2 = x$ (N)

∴ 25×1 (N) $= 25 \times x$ (N)

বা $x = 1$ (N)

স্থতরাং, অ্যাসিডটির শক্তি নর্মালিটি মাত্রায়—**1 (N)**

HCl এর গ্রাম-তুল্যাংক = 36·5 গ্রাম

অতএব, 1 (N) HCl এর মধ্যে = HCl এর পরিমাণ 36·5 গ্রাম

বা অ্যাসিডের শক্তি গ্রাম/লিটারে, **36·5 গ্রাম/লিটার**।

(22) একটি ক্যালসিয়াম কার্বনেট নমুনার 0·80 গ্রাম, 50 মি.লি. 0·098 (N) HCl-এতে দ্রবীভূত করা হইল ; বিক্রিয়াটি সমাপ্ত হইবার পর, অতিরিক্ত অ্যাসিডকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 6·00 মি.লি. 0·105 (N) NaOH লাগিল। নমুনাটিতে $CaCO_3$ এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন]

50 মি. লি. 0·098 (N) অ্যাসিড ≡ 50 × 0·098 মি.লি. (N) অ্যাসিড

≡ 4·9 মি.লি. (N) অ্যাসিড

6·00 মি.লি. 0·105 (N) NaOH ≡ 6 × 0·105 মি.লি. (N) NaOH

≡ 0·63 মি.লি. (N) NaOH

≡ 0·63 মি.লি. (N) অ্যাসিড

অর্থাৎ, 0·63 মি.লি. (N) অ্যাসিড অতিরিক্ত রূপে ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়াছে।

অতএব $CaCO_3$ এর সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অ্যাসিডের পরিমাণ

= (4·9 − 0·63) বা 4·27 মি.লি (N) অ্যাসিড

$CaCO_3$ এর সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়া

$$CaCO_3 + 2HX = CaX_2 + H_2O + CO_2$$

[এখানে অ্যাসিডের নাম দেওয়া নাই ; তুল্যাংকভারের হিসাবে 1 তুল্যাংকভার $CaCO_3$, 1 তুল্যাংকভার অ্যাসিডের (বা, 1000 মি.লি. (N) অ্যাসিডের) সহিত বিক্রিয়া করে।]

$CaCO_3$ এর তুল্যাংকভার = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{1 \times 2} = \frac{100}{2} = 50$

„ „ গ্রাম তুল্যাংকভার—50 গ্রাম

1000 মি. লি (N) অ্যাসিডের সহিত 50 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$ বিক্রিয়া করে

∴ 4·27 মি.লি (N) অ্যাসিডের সহিত $\frac{4\cdot27\times50}{1000}$

বা 0·2135 গ্রাম " " "

বিক্রিয়াকারী $CaCO_3$ এর পরিমাণ 0·80 গ্রাম

বিশুদ্ধ " " " 0·2135 "

∴ নমুনাটিতে $CaCO_3$ এর শতকরা মাত্রা $= \frac{0\cdot2135\times100}{0\cdot80}$

$= 26\cdot68\%$

(23) একটি দ্বিযোজী ধাতুর কার্বনেটের 2 গ্রামকে 100 মি.লি সেমিনর্মাল HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করা হইল ; উৎপন্ন দ্রবণটিকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 50 মি.লি 0·2 (N) NaOH দ্রবণ লাগিল। ধাতব কার্বনেটটির তুল্যাংকভার ও আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন]

100 মি.লি (N/2) HCl দ্রবণ $\equiv 100\times\frac{1}{2}$ মি.লি (N) HCl দ্রবণ

$\equiv$ 50 মি.লি (N) HCl দ্রবণ

50 মি.লি 0·2 (N) NaOH দ্রবণ $\equiv 50\times0.2$ মি.লি (N) NaOH দ্রবণ

$\equiv$ 10 মি.লি (N) NaOH দ্রবণ

$\equiv$ 10 মি.লি (N) HCl দ্রবণ

অতএব, 10 মি.লি (N) HCl দ্রবণ প্রাথমিক বিক্রিয়ার পর অতিরিক্ত ছিল।

সুতরাং ধাতব কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়াছে, (50 − 10) বা 40 মি.লি (N) HCl দ্রবণ

40 মি.লি (N) HCl দ্রবণ বিক্রিয়া করে 2 গ্রাম ধাতব কার্বনেটের সহিত

∴ 1000 " (N) " " " " $\frac{2\times1000}{40}$

বা 50 গ্রাম ধাতব কার্বনেটের সহিত

কিন্তু, 1000 মি.লি (N) HCl দ্রবণ বিক্রিয়া করে 1 গ্রাম-তুল্যাংক ধাতব কার্বনেটের সহিত

∴ ধাতুর কার্বনেটের তুল্যাংকভার = 50

ধাতুর যোজ্যতা 2 ; সুতরাং ধাতব কার্বনেটের সংকেত M_2CO_3

এখন, ধাতব কার্বনেটের তুল্যাংকভার $= \frac{\text{ধাতব কার্বনেটের আণবিক ওজন}}{1\times2}$

বা, $50 = \frac{\text{ধাতব কার্বনেটের আণবিক ওজন}}{2}$

∴ ধাতব কার্বনেটের আণবিক ওজন $= 50\times2 =$ **100.**

(24) স্বল্প পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেট লইয়া 525 মি.লি (N/10) HCl দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করিলে, বিক্রিয়ার শেষে কোনো অতিরিক্ত অ্যাসিড থাকে না। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে পরে ক্যালসিয়াম সালফেটে পরিণত করা হইল। এই ক্যালসিয়াম সালফেট হইতে কি পরিমাণ 'প্লাস্টার অফ্ প্যারিস' পাওয়া যাইবে ? উৎপন্ন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ কত ? [H. S 1966]

1000 মি.লি (N) HCl ≡ 1 গ্রাম-তুল্যাংক $CaCO_3$
≡ 50 গ্রাম $CaCO_3$
≡ 20 গ্রাম Ca.

∴ 1 মি.লি. (N/10)HCl ≡ 0·002 গ্রাম Ca.
525 মি.লি (N/10) HCl ≡ 525 × 0·002 গ্রাম Ca
≡ 1·05 গ্রাম Ca.

'প্লাস্টার অফ্ প্যারিসে'র আণবিক সংকেত—2 $CaSO_4$, H_2O
" গ্রাম আণবিক ওজন = 2 (40+32+64)+18
= 290 গ্রাম

290 গ্রাম 'প্লাস্টার অফ্ প্যারিস' ≡ 80 গ্রাম Ca
80 গ্রাম Ca থাকে 290 গ্রাম প্লাস্টার অফ্ প্যারিসে

∴ 1·05 " " " $\frac{290 \times 1{\cdot}05}{80}$ বা 3·806 গ্রাম 'প্লাস্টার অফ্ প্যারিসে'

অতএব, উৎপন্ন 'প্লাস্টার অফ্ প্যারিস' = **3·806** গ্রাম

আবার 40 গ্রাম Ca থাকে **111** গ্রাম $CaCl_2$ এর মধ্যে

∴ 1·05 " " " $\frac{111 \times 1{\cdot}05}{40}$ বা 2·914 গ্রাম $CaCl_2$ এর মধ্যে

অতএব, উৎপন্ন $CaCl_2$ এর পরিমাণ = **2·914** গ্রাম।

(25) 1·524 গ্রাম NH_4Cl জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে 50 মি.লি (N) KOH দ্রবণ যোগ করা হইল এবং মিশ্রিত দ্রবণটিকে NH_3 যতক্ষণ পর্যন্ত উদ্ভূত হইতে থাকে ততক্ষণ স্ফুটন করা হইল। দ্রবণটিকে অতঃপর প্রশমিত করিতে 30·95 মি.লি (N) H_2SO_4 লাগিল। NH_4Cl নমুনাটিতে NH_3-এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [ক. বি. মাধ্যমিক]

30·95 মি.লি (N) H_2SO_4 ≡ 30·95 মি.লি (N) KOH
= NH_4Cl এর সহিত বিক্রিয়ার পর অতিরিক্ত KOH এর পরিমাণ

অতএব NH_4Cl এর সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত **যথার্থ** KOH

$\equiv (50 - 30{\cdot}95)$ বা 19·05 মি.মি (N) KOH

$$NH_4Cl + KOH = KCl + NH_3 + H_2O.$$

63 গ্রাম 17 গ্রাম

1000 মি.লি (N)

1000 মি.লি (N) KOH $\equiv$ 17 গ্রাম NH_3

$\therefore$ 19·05 „ (N)KOH $\equiv \frac{19{\cdot}05 \times 17}{1000}$ বা 0·32385 গ্রাম NH_3

প্রদত্ত 1·524 গ্রাম NH_4Cl হইতে 0·32385 গ্রাম NH_3 আসিয়াছে,

$\therefore$ NH_3 এর শতকরা পরিমাণ $= \frac{100 \times 0{\cdot}32385}{1{\cdot}524} = 21{\cdot}25$

(26) 1·216 গ্রাম কোনো অ্যামোনিয়াম লবণকে অতিরিক্ত কষ্টিক পটাশের দ্রবণের সহিত স্ফুটন করা হইল ও উৎপন্ন NH_3কে 100 মি.লি (N) H_2SO_4 দ্রবণে চালনা করা হইল ; আংশিকভাবে প্রশমিত ঐ H_2SO_4 দ্রবণকে পূর্ণপ্রশমিত করিতে আরো 81·6 মি.লি (N) NaOH দ্রবণ লাগিল। অ্যামোনিয়াম লবণটিতে NH_3 এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

81·6 মি.লি (N) NaOH $\equiv$ 81·6 মি.লি (N) H_2SO_4 দ্রবণ

$\equiv NH_3$'র দ্বারা প্রশমিত হইবার পর অতিরিক্ত H_2SO_4 এর পরিমাণ

অতএব, NH_3'র দ্বারা প্রশমিত H_2SO_4 এর পরিমাণ

$= (100 - 81{\cdot}6)$ বা 18·4 মি.লি (N) H_2SO_4.

1000 মি.লি (N) $H_2SO_4 \equiv 1$ গ্রাম তুল্যাংক NH_3

$\equiv 17$ গ্রাম NH_3

1 মি. লি (N) H_2SO_4 $= 0{\cdot}017$ গ্রাম NH_3

$\therefore$ 18·4 „ (N) H_2SO_4 $\equiv 18{\cdot}4 \times 0{\cdot}017$ গ্রাম NH_3

$\equiv 0{\cdot}3128$ গ্রাম NH_3

1·216 গ্রাম অ্যামোনিয়াম লবণে 0·3128 গ্রাম NH_3 থাকে

$\therefore$ NH_3 এর শতকরা মাত্রা $= \frac{0{\cdot}3128 \times 100}{1{\cdot}216} = 25{\cdot}72$

(27) সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের 2 গ্রাম একটি নমুনা 50 মি. লি. (N) NaOH দ্রবণে যোগ করা হইল এবং উদ্ভূত বাষ্পে ধৃত সিক্ত লাল লিটমাস কাগজের বর্ণ পরিবর্তন না হওয়া পর্যন্ত ইহাকে ফোটান হইল। এই

দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিয়া প্রশমিত করিতে 20 মি. লি. (N) H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঐ নমুনার মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা ভাগ কত ছিল ?

[**উচ্চ মাধ্যমিক, 1979**]

$$NH_4Cl + NaOH = NaCl + NH_3 \uparrow + H_2O$$

53·5 গ্রাম   40 গ্রাম

1000 মি. লি. (N)

NH_4Cl নমুনাটির সহিত বিক্রিয়া করার পর কিছু, NaOH দ্রবণ অতিরিক্ত ছিল

20 মি. লি. (N) H_2SO_4 ≡ 20 মি. লি. (N) NaOH

মোট ব্যবহৃত NaOH দ্রবণ = 50 মি. লি. (N)

বিক্রিয়ার পর অতিরিক্ত ,, ,, = 20 মি. লি. (N)

∴ NH_4Cl এর সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত NaOH দ্রবণ

= (50 − 20) বা 30 মি. লি. (N)

সমীকরণ হইতে,

1000 মি. লি. (N) NaOH দ্রবণ ≡ 53·5 গ্রাম NH_4Cl

∴ 30 ,, ,, ,, ,, $= \frac{53{\cdot}5 \times 30}{1000}$

বা, 1·605 গ্রাম NH_4Cl

অতএব 2 গ্রাম নমুনাতে বিশুদ্ধ NH_4Cl এর পরিমাণ ছিল 1·605 গ্রাম

∴ 100 ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{1{\cdot}605 \times 100}{2}$

বা 80·25 গ্রাম

সুতরাং নমুনায় NH_4Cl এর শতকরা ভাগ ছিল 80·25%

● **মিশ্র ক্ষারের মধ্যে উপাদানের মাত্রা নির্ণয় ঃ আলোচনা ঃ**

অম্লমিতি ক্ষারমিতিতে অনেক ক্ষেত্রে একক ক্ষার বা একক কার্বনেটের পরিবর্তে, মিশ্রক্ষার বা বিভিন্ন কার্বনেটের মিশ্র প্রশমনে ব্যবহৃত হইতে পারে। এরূপ ক্ষেত্রে একটি কার্বনেটের পরিমাণ x ও অপরটিকে 'মোট পরিমাণ বিযুক্ত x' ধরিয়া গণনা করা হয় ও উপাদানগুলির মাত্রা নির্ণয় করা হয়।

(28) Na_2CO_3 ও K_2CO_3 এর একটি মিশ্রণের 1·22 গ্রাম লইয়া 100 মি.লি জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণের 20 মি.লি'কে প্রশমিত করিতে 40 মি.লি 0·1 (N) HCl দ্রবণ লাগে। মিশ্রণে Na_2CO_3 এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

ঐ মিশ্রণের দ্রবণের অপর এক 20 মি.লি অংশে $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করিলে যে অধঃক্ষেপ পাওয়া যাইবে, তাহার পরিমাণ নির্ণয় কর। [I. I. T. 1976]

ধরা যাক্ মিশ্রণে Na_2CO_3 এর পরিমাণ $= x$ গ্রাম

$\therefore$,, K_2CO_3 ,, ,, $= (1{\cdot}22 - x)$ গ্রাম

$\therefore$ 1000 মি.লি. দ্রবণে Na_2CO_3 এর ,, $= 10x$ গ্রাম

,, ,, ,, K_2CO_3 ,, ,, $= 10(1{\cdot}22 - x)$ গ্রাম

এখন, Na_2CO_3 এর তুল্যাংকভার—53

এবং K_2CO_3 ,, ,, ,,—69

অতএব মিশ্রিত কার্বনেট দ্রবণের মাত্রা $= \left[\frac{10x}{53} + \frac{10(1{\cdot}22 - x)}{69}\right](N)$

$V_1 = 20$ মি. লি. $\qquad V_2 = 40$ মি. লি.

$S_1 = \left[\frac{10x}{53} + \frac{10(1{\cdot}22 - x)}{69}\right](N) \qquad S_2 = 0{\cdot}1\ (N)$

$$\therefore\ 20 \times \left[\frac{10x}{53} + \frac{10(1{\cdot}22 - x)}{69}\right](N) = 40 \times 0{\cdot}1(N)$$

বা $x = 0{\cdot}53$.

অতএব, মিশ্রে Na_2CO_3 এর পরিমাণ $=$ **0·53 গ্রাম**

এবং ,, K_2CO_3 এর ,, $= (1{\cdot}22 - 0{\cdot}53)$ **বা 0·69 গ্রাম।**

আবার 20 মি.লি. দ্রবণে Na_2CO_3 এর পরিমাণ $= \frac{0{\cdot}53 \times 20}{100}$ গ্রাম

$= 0{\cdot}0106$,,

20 ,, ,, K_2CO_3 ,, ,, $= \frac{0{\cdot}69 \times 20}{100}$,,

$= 0{\cdot}0138$,,

$Na_2CO_3 + BaCl_2 = BaCO_3 + 2NaCl$

106 গ্রাম $\qquad$ 197 গ্রাম $\qquad$ [$Ba = 137$]

$\therefore$ 0·0106 গ্রাম $\equiv 0{\cdot}0197$ গ্রাম

$K_2CO_3 + BaCl_2 = BaCO_3 + 2KCl$

138 গ্রাম $\qquad$ 197 গ্রাম

$\therefore$ 0·0138 গ্রাম $\equiv 0{\cdot}0197$ গ্রাম

অতএব, 20 মি. লি. (কার্বনেট মিশ্রণের) দ্রবণ হইতে উৎপন্ন $BaCl_2$

$\equiv 0{\cdot}0197 + 0{\cdot}0197 \equiv$ **0·0394** গ্রাম।

(29) দুইটি ক্ষার ধাতুর কার্বনেটের 1·00 গ্রাম মিশ্রণে সমসংখ্যক মোল বর্তমান আছে। ইহা সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করিতে 44·4 মি. লি. 0·500 (N) HCl-এর প্রয়োজন হয়; ঐ ধাতু দুইটির একটির পারমাণবিক ওজন 7·00 হইলে অপরটির

পারমাণবিক ওজন কত হইবে? ঐ 1·00 গ্রাম কার্বনেট মিশ্রকে সালফেটে পরিণত করিতে মোট কত পরিমাণ সালফেট পাওয়া যাইবে? [I. I. T. 1972]

44·4 মি. লি. 0·500 (N) HCl ≡ 44·4 × 0·500 মি. লি. (N) HCl
≡ 22·2 মি. লি. (N) HCl.

ধরা যাক্ ক্ষার ধাতু দুইটির কার্বনেটগুলির সংকেত যথাক্রমে M_2CO_3 এবং M'_2CO_3.

M_2CO_3 এর গ্রাম তুল্যাংকভার $= \frac{\text{কার্বনেটের গ্রাম আণবিক ওজন}}{2} = \frac{1}{2}$ মোল

M'_2CO_3 এর গ্রাম তুল্যাংকভার $= \frac{\text{কার্বনেটের গ্রাম আণবিক ওজন}}{2} = \frac{1}{2}$ মোল

এখন, 1000 মি. লি. (N) HCl ≡ কার্বনেটের গ্রাম তুল্যাংকভার
≡ $\frac{1}{2}$ মোল কার্বনেট

∴ 22·2 " " " " $\equiv \frac{22\cdot2}{1000} \times \frac{1}{2}$ মোল কার্বনেট
= 0·0111 মোল কার্বনেট

যেহেতু উভয় কার্বনেটই সমমোলে বর্তমান আছে—

অতএব, M_2CO_3 এর পরিমাণ $= \frac{0\cdot0111}{2}$ মোল

এবং M'_2CO_3 " " $= \frac{0\cdot0111}{2}$ মোল

M_2CO_3 এর আণবিক ওজন $= 2 \times 7 + 12 + 3 \times 16 = 74$

∴ $\frac{0\cdot0111}{2}$ মোল $M_2CO_3 = \frac{74 \times 0\cdot0111}{2} = 0\cdot4107$ গ্রাম

সুতরাং মিশ্রে M'_2CO_3 এর পরিমাণ $= 1 - 0\cdot4107 = 0\cdot5893$ গ্রাম

কিন্তু M'_2CO_3 এর পরিমাণ $= \frac{0\cdot0111}{2}$ মোল

∴ $\frac{0\cdot0111}{2}$ মোল $= 0\cdot5893$ গ্রাম

বা 1 মোল $M'_2CO_3 = \frac{0\cdot5893 \times 2}{0\cdot0111} = 106$ গ্রাম

M'_2CO_3 এর আণবিক ওজন = 106

ধরা যাক M´ এর পারমাণবিক ওজন = x

অতএব $2 \times x + 12 + 3 \times 16 = 106$

∴ $x = 23$

সুতরাং দ্বিতীয় ক্ষার ধাতুটির পারমাণবিক ওজন—23.

$$M_2CO_3 + H_2SO_4 = M_2SO_4 + H_2O + CO_2$$
74 গ্রাম 110 গ্রাম

$\therefore$ 0·4107 গ্রাম $\equiv \frac{0.4107 \times 110}{74}$ গ্রাম

$$M'_2CO_3 + H_2SO_4 = M'_2SO_4 + H_2O + CO_2$$
106 গ্রাম 142 গ্রাম

$\therefore$ 0·5893 গ্রাম $\equiv \frac{0.5893 \times 142}{106}$ গ্রাম

অতএব উৎপন্ন সালফেটের মোট পরিমাণ

$$= \left[\frac{0.4107 \times 110}{74} + \frac{0.5893 \times 142}{106}\right] \text{ গ্রাম}$$

= 1·3986 বা 1·40 গ্রাম (প্রায়)

□ বিভিন্ন নির্দেশক যোগে Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$ মিশ্রের প্রশমন : আলোচনা :

বিভিন্ন প্রশমনের ক্ষেত্রে বিভিন্ন নির্দেশকের ভূমিকা পূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে। Na_2CO_3, বিভিন্ন অ্যাসিডকে প্রশমিত করে ; এই প্রশমন ক্রিয়াটি দুইটি স্তরে হয় :

প্রথম স্তর : $Na_2CO_3 + HCl = NaCl + NaHCO_3$

দ্বিতীয় স্তর : $NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2$

এই প্রশমনের কালে যদি প্রশমনীয় Na_2CO_3 দ্রবণের সহিত ফিনল্প্‌থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করা যায়, Na_2CO_3 এর ক্ষারীয় আর্দ্রবিশ্লেষের জন্য, ফিনল্প্‌-থ্যালিন লাল হয় ; এই দ্রবণকে HCl যোগে প্রশমন সুরু করিলে, প্রথম স্তর পর্যন্ত প্রশমন (অর্থাৎ যখন Na_2CO_3—$NaHCO_3$'তে রূপান্তরিত হইয়া যায়,) হইলেই ফিনল্প্‌থ্যালিন বর্ণহীন হইয়া যায়, কারণ উৎপন্ন $NaHCO_3$ যদিও ক্ষারীয় কিন্তু ফিনল্প্‌থ্যালিনের বর্ণ লাল রাখিবার মতো যথেষ্ট ক্ষারীয় নয়। এই স্তরে আবার মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করিলে কিন্তু দ্রবণটি ক্ষারীয় ($NaHCO_3$ এর জন্য) বলিয়া বুঝা যায় এবং মিথাইল অরেঞ্জ হলুদ বর্ণ হয়। এই স্তরে আরো HCl যোগ করিয়া, দ্বিতীয় স্তর পর্যন্ত, অর্থাৎ সম্পূর্ণ প্রশমন করার পর, মিথাইল অরেঞ্জ লাল হইয়া যায়।

এই নীতিকে ভিত্তি করিয়া Na_2CO_3 এর অর্ধপ্রশমন, Na_2CO_3—$NaHCO_3$ মিশ্রের প্রশমন ভিত্তিক নানা গণনা করা যায়।

(30) 1·0(N) শক্তির 10 সি. সি. সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণকে ফিনল্প্‌থ্যালিন নির্দেশক যোগে প্রশমিত করিতে 5 সি.সি. 1·0 (N) শক্তির HCl দ্রবণ লাগে ; কেন, ব্যাখ্যা কর। [উচ্চ মাধ্যমিক, 1978]

Na_2CO_3 দ্রবণ, HCl দ্রবণ যোগে প্রশমনকালে দুইটি স্তরে প্রশমিত হয়—

$$Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl \quad \cdots \quad \cdots (1)$$
$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2 \quad \cdots \quad \cdots (2)$$

সমীকরণের শেষ রূপ, দুইটিকে যোগ করিয়া—

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2\,NaCl + H_2O + CO_2$$

106 গ্রাম $\qquad$ $2 \times 36{\cdot}5$ গ্রাম

53 গ্রাম $\qquad$ $36{\cdot}5$ গ্রাম

1000 সি. সি. (N) $\qquad$ 1000 সি. সি. (N)

অর্থাৎ, সমশক্তির Na_2CO_3 ও HCl, সমআয়তনেই পরস্পরকে প্রশমিত করে। প্রদত্ত সমস্যায়, 10 সি. সি. 1·0 (N) সোডিয়াম কার্বনেটকে প্রশমিত করিতে 5 সি. সি. (বা অর্ধ আয়তন) 1·0 (N) HCl লাগিতেছে।

ইহার কারণ, ফিনোল্প্‌থ্যালিন নির্দেশক যোগে Na_2CO_3 কে HCl দ্বারা প্রশমিত করার কালে, অর্ধ আয়তন HCl যোগে 1 নং সমীকরণ অনুসারে $NaHCO_3$ উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই ফিনোল্প্‌থ্যালিন বর্ণহীন হইয়া যায়। সেইজন্য, প্রদত্ত 10 সি. সি. Na_2CO_3 এর পূর্ণ প্রশমনের জন্য 10 সি. সি. HCl লাগিলেও, এক্ষেত্রে 5 সি. সি.'তেই দ্রবণটি ফিন্‌ল্প্‌থ্যালিনকে বর্ণহীন করিতেছে।

(31) Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ এর একটি মিশ্রিত দ্রবণের 25 সি.সি.কে ফিনল্প্‌থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহারে প্রশমিত করিতে 5 সি.সি. (N/10) HCl দ্রবণের প্রয়োজন হয়; পরে মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করিয়া আরো 15 সি.সি. ঐ HCl দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ঐ মিশ্রিত দ্রবণের প্রতি লিটারে, লবণ দুইটির পরিমাণ নির্ণয় কর।

$$Na_2CO_3 + HCl = NaCl + NaHCO_3 \quad \cdots\cdots (1)$$

106 গ্রাম $\qquad$ 1000 সি.সি. (N) $\qquad$ 84 গ্রাম

$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2 \cdots (2)$$

84 গ্রাম $\qquad$ 1000 সি.সি. (N)

(1) নং সমীকরণ হইতে দেখা যায় ফিনল্প্‌থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহারে 1000 সি. সি. (N) HCl দ্রবণ 106 গ্রাম Na_2CO_3 এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রশমন নির্দেশ করে।

এখন 5 সি.সি. (N/10) HCl $\equiv 5 \times 0{\cdot}1$ সি.সি. (N) HCl

$\equiv 0{\cdot}5$ সি.সি. (N) HCl

1000 সি.সি. (N) HCl $\equiv$ 106 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ 0·5 " " " $\equiv \dfrac{106 \times 0{\cdot}5}{1000}$ বা 0·053 গ্রাম Na_2CO_3

25 সি.সি. মিশ্র দ্রবণে Na_2CO_3 এর পরিমাণ—0·053 গ্রাম

$\therefore$ 1000 " " " " " " —($0{\cdot}053 \times 40$) বা 2·12 গ্রাম

আবার (2) নং সমীকরণ হইতে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগে 1000 সি.সি. (N) HCl 84 গ্রাম $NaHCO_3$ কে প্রশমিত করে।

এখন 15 সি.সি. (N/10) $HCl \equiv 15 \times \frac{1}{10}$ সি.সি. (N) HCl দ্রবণ

$\equiv 1{\cdot}5$ সি.সি. (N) ,, ,,

সুতরাং 1·5 সি.সি. (N) HCl দ্রবণ, $\frac{1{\cdot}5 \times 84}{1000}$ গ্রাম

বা 0·126 গ্রাম $NaHCO_3$ কে প্রশমিত করে।

25 সি.সি. দ্রবণে $NaHCO_3$ এর পরিমাণ—0·126 গ্রাম

∴ 1000 ,, ,, ,, ,, ,, —$\frac{0{\cdot}126 \times 1000}{25}$ বা 5·04 গ্রাম

এই 5·04 গ্রাম $NaHCO_3$ এর মধ্যে কিছু $NaHCO_3$ আদি মিশ্রে ছিল এবং কিছু $NaHCO_3$—Na_2CO_3 এর অর্ধ-প্রশমনে উৎপন্ন।

(1) নং সমীকরণ হইতে দেখা যায়

106 গ্রাম Na_2CO_3, 84 গ্রাম $NaHCO_3$ উৎপন্ন করে

∴ 2·12 ,, ,, $\frac{2{\cdot}12 \times 84}{106}$,, ,, ,, ,,

বা 1·68 ,, ,, ,, ,,

কিন্তু মোট $NaHCO_3$ এর পরিমাণ—5·04 গ্রাম

অতএব, আদি মিশ্রে $NaHCO_3$ ছিল—(5·04 − 1·68) বা 3·36 গ্রাম

সুতরাং মিশ্রে Na_2CO_3 ছিল 2·12 গ্রাম/লিটার

এবং $NaHCO_3$ ছিল 3·36 গ্রাম/লিটার।

(32) Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$ মিশ্রের একটি দ্রবণের 10 মি. লি.'কে ফিনল্প্‌থ্যালিন নির্দেশক যোগে প্রশমিত করিতে 2·5 মি. লি. 0·1(M) H_2SO_4 লাগে। ঐ প্রশম-দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করিয়া আবার প্রশমন করিতে 2·5 মি. লি. 0·2(M) H_2SO_4 লাগে। মিশ্র দ্রবণটির 1 লিটারে Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ এর পরিমাণ নির্ণয় কর। **[I. I. T.—1979]**

2·5 মি. লি. 0·1(M) $H_2SO_4 \equiv 2{\cdot}5 \times 0{\cdot}1$ মি. লি. (M) H_2SO_4

$\equiv 0{\cdot}25$ মি. লি. (M) H_2SO_4

$2\,Na_2CO_3 + H_2SO_4 = 2NaHCO_3 + Na_2SO_4$ ··· (1)

2×106 গ্রাম 1000 মি. লি. (M) 2×84 গ্রাম

এই বিক্রিয়া স্তরে, অর্থাৎ $NaHCO_3$ উৎপন্ন হইবার পর, ফিনল্প্‌থ্যালিন বর্ণহীন হইয়া প্রশমন নির্দেশ করে।

∴ 1000 মি. লি. (M) H_2SO_4, 212 গ্রাম Na_2CO_3 এর সহিত প্রশমন নির্দেশ করে

∴ 0·25 মি. লি. ,, ,, 0·212×0·25 ,,

বা 0·053 গ্রাম Na_2CO_3 এর সহিত ,, ,,

অতএব 10 মি. লি. মিশ্র দ্রবণে Na_2CO_3 = 0·053 গ্রাম

∴ 1000 ,, ,, ,, ,, = 5·3 গ্রাম

দ্বিতীয় স্তরে প্রশমনে, 2·5 মি. লি. 0·2(M) H_2SO_4 লাগিয়াছে

2·5 মি. লি. 0·2(M) $H_2SO_4 \equiv 2·5 \times 0·2$ মি. লি. (M) H_2SO_4

$\equiv 0·50$ মি. লি. (M) H_2SO_4

$$2NaHCO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 \quad \cdots \quad \cdots (2)$$

2×84 গ্রাম   1000 মি. লি. (M)

অর্থাৎ, 1000 মি. লি. (M) $H_2SO_4 \equiv 2 \times 84$ গ্রাম $NaHCO_3$

$\equiv 0·168$,, ,,

∴ 0·50 ,, ,, ,, $\equiv 0·50 \times 0·168$,, ,,

$\equiv 0·08400$ বা 0·084 গ্রাম ,,

এই 0·084 গ্রাম $NaHCO_3$ এর মধ্যে, কিছু পূর্বেই মিশ্রে বর্তমান ছিল, এবং কিছু সমীকরণ (1) এর বিক্রিয়া অনুযায়ী উৎপন্ন হইয়াছে।

সমীকরণ (1) হইতে—

2×106 গ্রাম $Na_2CO_3 \equiv 2 \times 84$ গ্রাম $NaHCO_3$

0·212 ,, ,, $= 0·168$,, ,,

∴ 0·053 গ্রাম Na_2CO_3 (10 মি. লি. দ্রবণে ছিল)

$= \dfrac{0·053 \times 0·168}{212}$ বা 0·042 গ্রাম $NaHCO_3$

∴ মিশ্রে পূর্ব হইতেই বর্তমান ছিল (0·084 − 0·042) বা 0·042 গ্রাম $NaHCO_3$

10 মি. লি. দ্রবণে $NaHCO_3$ এর পরিমাণ ছিল 0·042 গ্রাম

∴ 1000 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 4·2 ,,

সুতরাং **1 লিটার দ্রবণে Na_2CO_3 ছিল 5·3 গ্রাম, এবং $NaHCO_3$ ছিল 4·2 গ্রাম।**

(33) (*a*) একটি 13% H_2SO_4 দ্রবণের (অর্থাৎ 100 মি.লি. দ্রবণে 13 গ্রাম H_2SO_4 আছে) শক্তি, মোলারিটি ও মোলালিটিতে প্রকাশ কর। ইহার ঘনত্ব 1·020 গ্রাম/মি.লি.। এই H_2SO_4 এর 100 মি.লি. লইয়া কত আয়তন পর্যন্ত লঘু করিলে উহার মাত্রা 1·5 (N) হইবে ?

(*b*) 30°C ও 0·90 বায়ু চাপে 2 লিটার NH_3 গ্যাস 134 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করিতে পারে। অ্যাসিডের মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর।

[I. I. T., 1978]

(*a*) প্রতি 1000 মি.লি. দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি 1 মোলার বা 1 (M)

বা প্রতি 100 মি.লি. দ্রবণে 9·8 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি 1 মোলার বা 1 (M)

∴ প্রতি 100 মি.লি. দ্রবণে 13 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি $\dfrac{13}{9·8}$ বা **1·327 (M)**

H_2SO_4 দ্রবণের ঘনত্ব—1·020 গ্রাম/মি.লি.

∴ 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণের ওজন $= 100 \times 1·02$ বা 102 গ্রাম

" " H_2SO_4 দ্রবণে, H_2SO_4 এর পরিমাণ $= 13$ গ্রাম

∴ (102 − 13) বা 89 গ্রাম জলে, দ্রবীভূত H_2SO_4 এর পরিমাণ 13 গ্রাম

সুতরাং 1000 " " " " " " $\frac{13 \times 1000}{89}$ গ্রাম

1000 গ্রাম জলে 98 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণের শক্তি 1 মোলাল

∴ " " " $\frac{13 \times 1000}{89}$ " " " " " "

$\frac{13 \times 1000}{89 \times 98}$ বা **1·49 মোলাল**

H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি মোলারিটিতে—**1·327 (M)**

∴ " " " নর্মালিটিতে—$2 \times 1·327$ (N) বা **2·654 (N)**

[H_2SO_4 এর ক্ষেত্রে 1 (M) = 2 (N)]

ধরা যাক্, 100 মি.লি. দ্রবণকে লঘু করিয়া 1·5 (N) করার পর আয়তন $= x$ মি.লি.

$V_1 = 100$ মি.লি. $V_2 = x$ মি.লি.

$S_1 = 2·654$ (N) $S_2 = 1·5$ (N)

∴ $100 \times 2·654\ (N) = x \times 1·5\ (N)$

$$x = \frac{100 \times 2·654}{1·5} = 176·9 \text{ মি.লি.}$$

অতএব, প্রদত্ত H_2SO_4 এর 100 মি.লি. লইয়া **176·9 মি.লি. পর্যন্ত লঘু** করিতে হইবে।

(*b*) 30°C ও 0·90 বায়ুচাপে অ্যামোনিয়ার আয়তন 2 লিটার

ধরা যাক N.T.P.'তে " " x "

$P_1 = 0·90$ বায়ু চাপ $P_2 = 1$ বায়ু চাপ

$V_1 = 2$ লিটার $V_2 = x$ লিটার

$T_1 = (273 + 30)A°$ $T_2 = 273.$

$$\therefore \frac{0·90 \times 2}{303} = \frac{1 \times x}{273} \text{ বা, } x = 1·62 \text{ লিটার}$$

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

2×17 গ্রাম 98 গ্রাম

17 গ্রাম 49 গ্রাম

22·4 লিটার (N.T.P.) 1000 মি.লি. (N)

22·4 লিটার NH_3— 1000 মি.লি. (N) H_2SO_4 কে প্রশমিত করে

$\therefore$ 1·61 „ „ $\frac{1·61 \times 1000}{22·4}$ বা 71·8 „ „ „ „ „

ধরা যাক্ প্রদত্ত H_2SO_4 এর শক্তি x (N)

$V_1 = 71·8$ মি.লি. $V_2 = 134$ মি.লি.
$S_1 = 1$ (N) $S_2 = x$ (N) .

$\therefore$ $71·8 \times 1 \text{ (N)} = 134 \times x \text{ (N)}$ বা $x = 0·53$ (N)

সুতরাং অ্যাসিডের মাত্রা **0·53 (N)**

(34) 0·01 গ্রাম-পরমাণু জিংক ধাতুকে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করিতে কোনো লঘু H_2SO_4 দ্রবণের 90·5 সি.সি লাগে। উৎপন্ন দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে আরো 17·5 সি.সি 0·15 (N) কষ্টিক সোডা দ্রবণ লাগে। অ্যাসিড দ্রবণটির শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় নির্ণয় কর এবং উৎপন্ন জিংকের সালফেটের পরিমাণ নির্ণয় কর। [Zn-এর পাঃ ওঃ – 65·38 ; S এর পাঃ ওঃ 32·00 এবং O এর পাঃ ওঃ 16·00]

[Jt. Entr. 1979]

1 গ্রাম-পরমাণু জিংক = 65·38 গ্রাম জিংক

0·01 „ „ „ = 0·6538 „ „

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

65·38 গ্রাম 98 গ্রাম
2000 সি.সি (N)

$\therefore$ 0·6538 গ্রাম ≡ 20 সি.সি. (N)

0·6538 গ্রাম বা 0·01 গ্রাম পরমাণু Zn-কে দ্রবীভূত করিতে 20 সি. সি. (N) H_2SO_4 লাগে।

ধরা যাক্ প্রদত্ত H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি – x (N)

90·5 সি.সি. x (N) $H_2SO_4 = 90·5 \times x$ সি. সি. (N) H_2SO_4

আবার 17·5 সি. সি. 0·15 (N) NaOH ≡ 17·5 × 0·15 সি.সি. (N) KOH
≡ 2·625 সি.সি. (N) KOH
≡ 2·625 সি.সি. (N) H_2SO_4

অতএব, 90·5 x সি.সি. H_2SO_4 এর মধ্যে 2·625 সি.সি. (N) H_2SO_4 অতিরিক্ত রূপে NaOH দ্বারা প্রশমিত হইয়াছিল।

$\therefore$ $(90·5x - 2·625)$ সি.সি. (N) H_2SO_4, Zn-কে দ্রবীভূত করিয়াছে।

প্রদত্ত সমস্যানুসারে,

$V_1 = (90·5x - 2·625)$ সি.সি. $V_2 = 20$ সি,সি.
$S_1 = 1$ (N) $S_2 = 1$ (N)

$$(90·5x - 2·625) \times 1N = 20 \times 1 \text{ (N)}$$
$$90·5x = 20 + 2·625$$
$$\therefore \quad x = \frac{22·625}{90·5} = 0·25 \text{ (N)}$$

অতএব প্রদত্ত H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি নর্মালিটিতে **0·25 (N)**

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

65·38 গ্রাম (65·38+32+64) গ্রাম

1 গ্রাম পরমাণু 161·38 গ্রাম

∴ 0·01 গ্রাম পরমাণু ≡ 1·6138 গ্রাম

সুতরাং উৎপন্ন $ZnSO_4$ এর পরিমাণ = **1·6138 গ্রাম**।

(35) একটি একক্ষারীয় জৈব অ্যাসিডের দহনে দেখা গেল 0·100 গ্রাম যৌগ হইতে 0·2525 গ্রাম CO_2 এবং 0·0432 গ্রাম H_2O পাওয়া গেল। 0·122 গ্রাম অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 10 মি. লি. (N/10) বেরিয়াম হাইড্রকসাইড দ্রবণ লাগিল। অ্যাসিডটির যথার্থ সংকেত কি? **[Jt. Entr. 1979]**

10 মি.লি. (N/10) $Ba(OH)_2$ দ্রবণ ≡ $10 \times \frac{1}{10}$ মি.লি. (N) $Ba(OH)_2$ দ্রবণ

≡ 1 মি.লি. (N) $Ba(OH)_2$ দ্রবণ

1 মি.লি. (N) $Ba(OH)_2$ দ্রবণ, 0·122 গ্রাম অ্যাসিডকে প্রশমিত করে

∴ 1000 „ „ „ „ 0·122 × 1000

বা 122 গ্রাম „ „ „

[1000 মি.লি. (N) যে কোনো ক্ষার দ্রবণ ≡ 1 গ্রাম-তুল্যাংক যে কোনো অ্যাসিড]

∴ অ্যাসিডটির তুল্যাংকভার = 122

যেহেতু অ্যাসিডটি একক্ষারীয়, অতএব অ্যাসিডের আণবিক ওজন = 122.

44 গ্রাম CO_2 এর মধ্যে C এর পরিমাণ 12 গ্রাম

∴ 0·2525 গ্রাম „ „ „ „ „ „ $\frac{0·2525 \times 12}{44}$ গ্রাম

সুতরাং C-এর শতকরা মাত্রা $\frac{100 \times 0·2525 \times 12}{44 \times 0·100}$ বা 68·9%

18 গ্রাম H_2O এর মধ্যে H এর পরিমাণ 2 গ্রাম।

∴ 0·0432 গ্রাম „ „ „ „ „ $\frac{2 \times 0·0432}{18}$ গ্রাম

সুতরাং H-এর শতকরা মাত্রা $\frac{100 \times 2 \times 0·0432}{18 \times 0·100}$ বা 4·8%

অতএব O এর শতকরা মাত্রা = 100 − (68·9 + 4·8) = 26·3%

মৌল	শতকরা মাত্রা	শতকরা মাত্রা ÷ পাঃ ওঃ	মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত	নিম্নতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করার পর পরমাণু সংখ্যার অনুপাত
C	68·9	68·9/12 = 5·74	5·74	5·74/1·64 3·5
H	4·8	4·8/ 1 = 4·80	4·80	4·80/1·64 3·0
O	26·3	26·3/16 = 1·64	1·64	1·64/1·64 1·0

$$C : H : O = 3{\cdot}5 : 3 : 1$$

বা $C : H : O = 2 \times 3{\cdot}5 : 2 \times 3 : 2$

$$= 7 : 6 : 2$$

সুতরাং অ্যাসিডের স্থূল সংকেত $= C_7H_6O_2$

ধরা যাক্ ,, প্রকৃত সংকেত $= (C_7H_6O_2)_n$

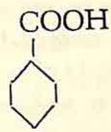
অতএব $(C_7H_6O_2)_n = 122$

$$(7 \times 12 + 6 \times 1 + 2 \times 16)n = 122$$

$$(84 + 6 + 32)n = 122$$

$122n = 122$ বা, $n = 1$

সুতরাং অ্যাসিডের প্রকৃত সংকেত $= C_7H_6O_2$

[অ্যাসিডটি, বেনজোয়িক অ্যাসিড, ]

(36) কোনো ধাতুর 0·3363 গ্রামকে 73 সি.সি. জলে বিক্রিয়া করাইলে, 27°C উষ্ণতা ও 720 মি.মি. চাপে 190 সি.সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণটি ক্ষারীয় হয়। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর এবং দ্রবণটির মাত্রা নর্মালিটিতে গণনা কর। [Cal. I. Sc. 1952]

ধরা যাক্, উৎপন্ন H_2 এর N.T.P.'তে আয়তন v সি.সি.

সম্মিলিত গ্যাস সূত্র হইতে,

$$v = \frac{190 \times 720 \times 273}{760 \times 300} = 163{\cdot}9 \text{ সি.সি.}$$

1 গ্রাম তুল্যাংক $H \equiv 11200$ সি.সি. H_2 গ্যাস (N.T.P.) $\equiv 1$ গ্রাম তুল্যাংক ধাতু

$\therefore$ 163·9 সি.সি. H_2 গ্যাস (N.T.P.) $\equiv \frac{1}{11200} \times 163{\cdot}9$,, ,, ,,

ধরা যাক্ ধাতুর তুল্যাংকভার $= x$

$\therefore$ 0·3363 গ্রাম ধাতু $= \frac{0{\cdot}3363}{x}$ গ্রাম তুল্যাংক ধাতু

অতএব অংক অনুযায়ী,

$$\frac{163{\cdot}9}{11200} = \frac{0{\cdot}3363}{x}$$

বা, $x = 22{\cdot}96$

সুতরাং **ধাতুটির তুল্যাংকভার** $= 22{\cdot}96$

এখন $\frac{163{\cdot}9}{11200}$ গ্রাম-তুল্যাংক ধাতু, জলের সহিত ক্ষার উৎপন্ন করে।

বা 73 সি.সি. জলে দ্রবীভূত ধাতুর পরিমাণ $\frac{163·9}{11200}$ গ্রাম তুল্যাংক

∴ 1000 ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{163·9}{11200} \times \frac{1000}{73}$ গ্রাম তুল্যাংক

অতএব উৎপন্ন ক্ষারের মাত্রা, সংজ্ঞানুসারে—

$$\frac{163·9}{11200} \times \frac{1000}{73} \text{ (N)} = 0·2004 \text{ (N)}$$

প্রশ্নাবলী

1. টীকা লিখ (Short notes) :—
অ্যাসিড বা অম্ল, ক্ষার, ক্ষারক, লবণ।

2. 'অ্যাসিডের' সংজ্ঞা কি ? অ্যাসিডকে কি কি রূপে শ্রেণীবিন্যাস করা হয়। সংক্ষেপে অ্যাসিডগুলির সাধারণ ধর্ম আলোচনা কর। 'অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা' কাহাকে বলে ? [Jt. Entr. 1979]

3. 'ক্ষারক' কি ? ক্ষারক ও ক্ষারের পার্থক্য কি ? 'ক্ষার মাত্রেই ক্ষারক কিন্তু ক্ষারক মাত্রেই ক্ষার নহে'—উক্তিটি আলোচনা কর। ক্ষারের কয়েকটি সাধারণ ধর্ম বিবৃত কর। ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ। [H. S. 1979]

4. 'লবণ' কাহাকে বলে ? টীকা লিখ—অম্ল-লবণ, ক্ষার-লবণ [Jt. Entr. 1979] ও শমিত লবণ। নিম্নলিখিত লবণগুলি কোন কোন শ্রেণীভুক্ত—
$ZnSO_4$. $Ca(HCO_3)_2$; $PbCl_2.Pb(OH)_2$, $KHSO_4$, Na_2HPO_4.

5. 'আর্দ্রবিশ্লেষ' কাহাকে বলে ? বিভিন্ন শ্রেণীর লবণের আর্দ্রবিশ্লেষ আলোচনা কর। নিম্নলিখিত লবণগুলির জলীয় দ্রবণে লিটমাসের কি বর্ণ পরিবর্তন হইবে :—$AlCl_3$, $NaHCO_3$, $(NH_4)_2SO_4$, NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, Na_2SO_3, $CuSO_4$. [Jt. Entr. '79]

6. 'অক্সাইড' কাহাকে বলে ? বিভিন্ন শ্রেণীর অক্সাইড ও উহাদের ধর্ম উদাহরণযোগে আলোচনা কর। [Jt. Entr. 1978]

7. 'অম্ল, ক্ষার ও লবণের তুল্যাংকভার' বলিতে কি বুঝায় ? নিম্নলিখিত যৌগগুলির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর :—
H_2SO_4, $HClO_4$, NH_4OH, $CaCO_3$, $FeSO_4$. $Ca(OH)_2$

8. 'স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণ' কাহাকে বলে ? স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণের দ্রবীভূত পদার্থের মাত্রা প্রকাশের জন্য কি কি পদ্ধতি অনুসরণ করা হয় ? 4% H_2SO_4 দ্রবণটিকে মোলার ও নর্মাল মাত্রায় কি রূপে প্রকাশিত করা হইবে ?

9. 'নর্মালিটি মাত্রা' কি ? 'নর্মাল দ্রবণে'র সহিত 'মোলার দ্রবণে'র পার্থক্য কি ? 'নর্মালিটি গুণক' কাহাকে বলে ? ''নর্মালিটি মাত্রা' হইতে গণনাযোগে 'মোলারিটি মাত্রা'য় কিরূপে পরিবর্তন করা যায় ?

10. টীকা লিখ :—নর্মাল দ্রবণ, ফর্মাল দ্রবণ, মোলার দ্রবণ। 1 লিটার Na_2SO_4-এর নর্মাল দ্রবণ, ফর্মাল দ্রবণ ও মোলার দ্রবণ প্রস্তুত করিতে যথাক্রমে কত কত গ্রাম H_2SO_4 লাগিবে ?

11. একটি সালফিউরিক অ্যাসিডের বোতলের গায়ে মাত্রা নির্দেশ করা আছে—"ওজন অনুপাতে 98% ; আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·84"। দ্রবণটির শক্তি মোলারিটি মাত্রায় নির্ণয় কর। [I. I. T. '75] [*Ans* : 18·4(M)]

12. টীকা লিখ : (i) অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা (ii) ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা।
নিম্নলিখিত যৌগগুলির ক্ষারগ্রাহিতা বা অম্লগ্রাহিতা নিরূপণ কর—
H_2SO_4, H_3PO_4, $Ba(OH)_2$, $Al(OH)_3$, H_2S, NH_4OH

13. টীকা লিখ: প্রশমন, নির্দেশক, টাইট্রেশন। অম্লমিতির একটি টাইট্রেশন পরীক্ষা বর্ণনা কর।

14. 'নির্দেশক' শব্দটি ব্যাখ্যা কর।

নিম্নলিখিত প্রশমনগুলির ক্ষেত্রে যথাক্রমে কি নির্দেশক ব্যবহার করিবে এবং কি বর্ণ পরিবর্তন ঘটিবে—

(a) HCl দ্রবণ যোগে অ্যামোনিয়া দ্রবণের প্রশমন (b) HCl দ্রবণ যোগে কষ্টিক সোডা দ্রবণের প্রশমন (c) অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণ যোগে কষ্টিক সোডা দ্রবণের প্রশমন। [Jt. Entr. (Tch.)—1979]

15. কোনো সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের 50 মি. লি'তে লিটারে 25 গ্রাম হিসাবে সোডিয়াম কার্বনেট আছে। ঐ দ্রবণটিকে লঘুকরণ করিয়া 250 মি. লি. করা হইল। এই লঘুকৃত দ্রবণের 25 মি. লি'কে প্রশমিত করিতে কোনো সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 28 মি. লি. লাগিল। অ্যাসিডটির শক্তি গ্রাম / লিটারে নির্ণয় কর। Na=23, C=12, S=32।

[H. S. (Comp.) 1966] (*Ans* : 82·565 গ্রাম)

16. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলিতে দ্রাবের মাত্রা নির্ণয় কর :—

(i) 82 সি. সি. 4% Na_2CO_3 (ii) 100 সি. সি. (N/5) NaOH (iii) 300 সি. সি. (M) H_2SO_4 (iv) 100 সি. সি (F) NaCl (v) 125 সি. সি. 1·25 (M) HCl.

[*Ans* : (i) 3·28 গ্রাম (ii) 0·8 গ্রাম (iii) 29·4 গ্রাম (iv) 5·85 গ্রাম (v) 5·70 গ্রাম]

17. (i) 5 গ্রাম H_2SO_4, 100 সি. সি. জলে দ্রবীভূত করা হইল—দ্রবণটির নর্মালিটি ও মোলালিটি নির্ণয় কর। [*Ans* : 1·02 (N), 0·51 (M)]

(ii) প্রতি লিটারে 112 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে—এরূপ দ্রবণের নর্মালিটি নির্ণয় কর।

[*Ans.* 2·8 (N)]

(iii) একটি ডেসিনর্মাল দ্রবণের কত সি. সি.-র মধ্যে 0·5 গ্রাম $Ca(OH)_2$ থাকিবে ?

(*Ans* : 135·13 সি. সি.)

(iv) 0·125 নর্মাল HNO_3 দ্রবণের মধ্যে কত গ্রাম/লিটার HNO_3 আছে ?

(*Ans* : 31·75 গ্রাম/লিটার)

(v) কোনো কষ্টিক সোডা দ্রবণে লিটার প্রতি দ্রবণে 4·5 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে ; এরূপ দ্রবণের 800 সি. সি.-তে কি আয়তন জল যোগ করিলে দ্রবণটি সঠিক (N/10) হইবে ?

(*Ans* : 100 সি.সি.)

18. 1·12 (N/10) কষ্টিক সোডা দ্রবণের 25 মি. লি.'কে পূর্ণ প্রশমিত করিতে কোনো সালফিউরিক অ্যাসিডের 24 মি. লি. লাগিল। ঐ অ্যাসিডের শক্তি—নর্মালিটি ও গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। [1 মি. লি. =1 সি. সি. ধরিয়া লইতে পারা যায় ; S এর পারমাণবিক ওজন=32] [H. S. 1961]

(*Ans* : 0·1166N ; 5·7134 গ্রাম/লিটার)

19. একটি লঘু HCl দ্রবণের 100 মি. লি.'কে একটি লঘু NaOH দ্রবণের 200 মি. লি. যোগে পূর্ণ প্রশমন করা হইল ; দ্রবণটিকে বাষ্পীভবন করিয়া 5·85 গ্রাম কঠিন অবশেষ পাওয়া গেল। HCl ও NaOH দ্রবণের শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় নির্ণয় কর। [Jt. Entr. (Tch.) 1979]

[*Ans* : HCl 1(N) ; NaOH (N/2)]

20. 1·3456 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেটকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 সি. সি. করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি. সি.-কে প্রশমিত করিতে কোনো সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 24·85 সি. সি. লাগিল। সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ ও সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের নর্মালিটি নির্ণয় কর। [C. U. I.Sc. 1952 ; P. U.—1963] [*Ans* : Na_2CO_3—0·01155(N) ; H_2SO_4—0·10216(N)]

21. 0·08 (N) মাত্রার সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের 25 সি. সি., 0·09(N) মাত্রার সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের 20 সি. সি'র সহিত মিশ্রিত করা হইল ; ক্ষারীয় মিশ্রণটির নর্মালিটি মাত্রা কত হইবে ?

[*Ans* : 0·094(N)]

উপরোক্ত মিশ্র ক্ষারের 30 সি. সি. প্রশমিত করিতে কোন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 50 সি. সি. লাগে। অ্যাসিডটির শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় নির্ণয় কর। (H. S. 1962) [*Ans* : 0·0564(N)]

22. 100 মি. লি. (N/10) (নর্মালিটি গুণক $f=1\cdot25$) সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে 0·53 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করা হইল ; উৎপন্ন মিশ্রটি অম্লীয় না ক্ষারীয় ?

উপরোক্ত মিশ্রটিকে প্রশমিত করিতে 0·75 (N/10) শক্তির কি আয়তন অম্ল বা ক্ষার প্রয়োজন হইবে ? (H. S. 1964) (*Ans* : মিশ্র দ্রবণটি অম্লীয় হইবে ; মিশ্র দ্রবণটিকে প্রশমিত করিতে প্রদত্ত শক্তির ক্ষারের নির্ণেয় আয়তন=33·3 মি. লি.)

23. (i) 1500 মি. লি. (N/10) H_2SO_4 দ্রবণের সহিত 250 মি. লি. জলে 0·53 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ যুক্ত করিয়া আংশিক প্রশমন করা হইল ; অবশিষ্ট অ্যাসিডের শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় নিরূপণ কর। (P. U. 1964) [*Ans :* 0·08 (N)]

24. একটি দ্বি-ক্ষারীয় অম্লের আণবিক ওজন 126 ; ঐ অ্যাসিডের 1·4175 গ্রাম 250 সি. সি. দ্রবণে বর্তমান আছে—এরূপ দ্রবণের 22·5 সি. সি'কে প্রশমিত করিতে 25 সি. সি. NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঐ NaOH দ্রবণের 10 সি. সি'কে প্রশমিত করিতে আবার কোনো H_2SO_4 দ্রবণের 8 সি. সি. লাগে। H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি নির্ণয় কর। [*Ans* : 0·1012 (N)]

25. কোনো দ্বি-ক্ষারীয় অম্লের 0·315 গ্রামের জলীয় দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 1·2 (N/10) শক্তির 41·7 মি. লি. কষ্টিক সোডা দ্রবণ লাগে। অম্লটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [H. S. (Comp.) 1971] (*Ans* : 126)

26. 95% বিশুদ্ধ এরূপ একটি NaOH নমুনার 10 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 200 সি. সি. করা হইল। এই দ্রবণের সহিত 50 সি. সি. 1·5(N) HCl দ্রবণ মিশাইয়া, পরে আরো জল যোগ করিয়া মোট আয়তন 500 সি. সি. করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণ আম্লিক না ক্ষারীয় ? নর্মালিটিতে দ্রবণটির মাত্রা কত ? [North Bengal P. U. 1963] [*Ans* : ক্ষারীয় ; 0·325 (N)]

27. 1·17 আপেক্ষিক গুরুত্ব বিশিষ্ট 100 গ্রাম HCl দ্রবণে 33·4 গ্রাম HCl আছে। প্রতি সি. সি.'তে 0·042 গ্রাম NaOH আছে এরূপ একটি NaOH দ্রবণের 5 লিটারকে প্রশমিত করিতে ঐ অ্যাসিডের কত লিটার লাগিবে ? [*Ans* : 0·49 লিটার]

28. 90 আণবিক ওজন বিশিষ্ট কোন অ্যাসিডের 0·75 গ্রামকে প্রশমিত করিতে 16·6 মি. লি. (N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন। অ্যাসিডটির ক্ষারগ্রাহিতা নির্ণয় কর। [Delhi Pre Med, 1962] (*Ans* : 2)

29. A ও B দুইটি অ্যাসিডের, যথাক্রমে 10 মি. লি. ও 40 মি. লি.'কে প্রশমিত করিলে 25 মি. লি. (N) Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হয় ; A ও B এর কত আয়তন একত্র মিশ্রিত করিলে (N) অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যাইবে ? [Beneras Inter. 1954] (*Ans* : A : 200 মি. লি. এবং B : 800 মি. লি.]

30. একটি বাণিজ্যিক সালফিউরিক অ্যাসিডের ঘনত্ব 1·84 গ্রাম / লিটার ; এই অ্যাসিডের 10 মি.লি.'কে জলমিশ্রিত করিয়া 1 লিটার করা হইল। এই লঘুকৃত অ্যাসিডের 20 সি. সি.'কে প্রশমিত করিতে 60 সি. সি. (N/10) NaOH দ্রবণ লাগিল। ঐ অ্যাসিডের বিশুদ্ধতা শতকরা মাত্রায় নির্ণয় কর। [Rajputana, 1954] [*Ans* : 81·67%]

31. (N/2) এবং (N/10) মাত্রা বিশিষ্ট দুইটি অম্লকে কি অনুপাতে মিশ্রিত করিলে মিশ্রণের মাত্রা 0·25(N) হইবে ? [*Ans* : 3 : 5]

32. 25 মি. লি. (N/10) Na_2CO_3 দ্রবণ (নর্মালিটি গুণক $f=1\cdot05$) প্রশমিত করিতে কোনো সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 19·5 মি. লি. লাগে। অ্যাসিডটির শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় এবং গ্রাম/লিটার মাত্রায় নির্ণয় কর। ঐ অ্যাসিডের কি আয়তন লইয়া লঘুকরণ করিয়া 1 লিটার করিলে দ্রবণটি সঠিক 'ডেসিনর্মাল' হইবে ? [H. S. Comp. 1964] [*Ans* : 1·34 (N/10) 6·566 গ্রাম/লিটার ; 742·94 মি. লি. আয়তন অ্যাসিডকে লঘুকরণ করিয়া 1 লিটার করিলে দ্রবণটি সঠিক ডেসিনর্মাল হইবে।]

33. কোনো (N/10) HCl অ্যাসিড দ্রবণের 25 সি. সি.'কে প্রশমিত করিতে 22·5 সি. সি. NaOH দ্রবণ লাগিল : এই NaOH দ্রবণের 1 লিটারে কি পরিমাণ জল যোগ করিলে দ্রবণটি সঠিক (N/10) হইবে। [Jt. Entr.—1978] [*Ans* : 111 সি. সি.]

34. কোনো HCl দ্রবণের 10 সি. সি.'কে যথার্থ প্রশমিত করিতে কোনো NaOH দ্রবণের 15 সি. সি. লাগে। আবার ঐ একই HCl দ্রবণের 10 সি. সি. অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণের সহিত 0·1435 গ্রাম AgCl উৎপন্ন করে। NaOH দ্রবণটির শক্তি গ্রাম / লিটারে নির্ণয় কর। [Ag এর পাঃ ওঃ—108]
[Jt. Entr. 1975] [*Ans* : 0·066 (N)]

35. H_2SO_4 এবং HCl-এর একটি মিশ্র দ্রবণ আছে ; উহার 10 সি. সি.-কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে (N/8) শক্তির 16 সি. সি. NaOH দ্রবণ লাগে। পূর্বোক্ত অ্যাসিড মিশ্রের 20 সি. সি.-র সহিত অতিরিক্ত $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করিয়া 0·3501 গ্রাম $BaSO_4$ পাওয়া গেল। মিশ্রটির মধ্যে HCl-এর মাত্রা গ্রাম / লিটারে নির্ণয় কর। (Ba-এর পারমাণবিক ওজন 137) (Jt. Entr. 1976)
[*Ans* : 1·825 গ্রাম / লিটার]

36. সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাইকার্বনেটের একটি মিশ্রের 1·48 গ্রামকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 সি. সি. করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি. সি.'কে প্রশমিত করিতে কোনো 0·12(N) শক্তির H_2SO_4 দ্রবণের 20·85 সি. সি. লাগে। মিশ্রটির মধ্যে সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাইকার্বনেটের শতকরা মাত্রা কি ছিল ? (C. U. I. Sc. 1958)
(*Ans* : Na_2CO_3—71·6%, $NaHCO_3$—28·4%)

37. একটি অবিশুদ্ধ $CaCO_3$ নমুনার 0·50 গ্রাম লইয়া, 50 মি. লি. 0·0985(N) HCl এতে দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়ার শেষে অতিরিক্ত HCl কে প্রশমিত করিতে 6·0 মি. লি. 0·105(N) NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। $CaCO_3$ নমুনাটিতে $CaCO_3$-এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [I. I. T. 1971]
(*Ans* : 42·95%)

38. একটি ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর নমুনাতে কিছু MgO অশুদ্ধি আছে। ঐ নমুনাকে 125 মি. লি. 0·1 (N) H_2SO_4 এতে দ্রবীভূত করিয়া, 27·3°C উষ্ণতা ও 1 বায়ুচাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের পরিমাণ দেখা গেল 120·1 মি. লি.। অতঃপর দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করিয়া দেখা গেল যে উহা 0·02(N) H_2SO_4 এর দ্রবণ।

(i) দ্রবীভূত নমুনার ওজন নির্ণয় কর, এবং (ii) নমুনাটিতে Mg এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর (দ্রবণে কোন আয়তনের পরিবর্তন, উপেক্ষা করা যাইবে)। [*Ans* : (a) 0·1235 গ্রাম (b) 95·94%]

39. একটি 0·50 গ্রাম অবিশুদ্ধ $CaCO_3$ নমুনাকে 50 মি. লি. 0·9851(N) HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়ার শেষে অতিরিক্ত HCl কে প্রশমিত করিতে 6·0 মি. লি. 0·105(N) NaOH-দ্রবণের প্রয়োজন হয়। ঐ নমুনাতে $CaCO_3$ এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [I. I. T. 1971] [*Ans* : 42·95%

40. এক টুকরা মার্বেলের ওজন 6·53 গ্রাম ; উহার সহিত 20 সি. সি. কোন HCl দ্রবণ মিশ্রিত করা হইল এবং গ্যাসের উদ্ভব স্তব্ধ হইবার পর বাকী মার্বেলকে ধৌত ও শুষ্ক করিয়া দেখা গেল উহার ওজন 4·53 গ্রাম। ব্যবহৃত HCl দ্রবণের নর্মালিটি কত ? *Ans* : 2 (N)]

41. একটি খড়িমাটির ($CaCO_3$) নমুনাতে কিছু $CaSO_4$ অবিশুদ্ধি আছে। ইহার 1 গ্রাম লইয়া 230 মি. সি. (N/10) HCl এর সহিত বিক্রিয়া করানর পর, অতিরিক্ত HCl কে প্রশমিত করিতে 8·0 মি. সি. 0·45 (N) NaOH দ্রবণ লাগে। নমুনাটিতে $CaCO_3$ এবং $CaSO_4$ এর শতকরা মাত্রা কত ?
[*Ans* : $CaCO_3$: 97% ; $CaSO_4$; 3%]

42. 2·5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করা হইল এবং উৎপন্ন অ্যামোনিয়া (NH_3) গ্যাসকে 50 সি. সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণে চালনা করা হইল, দেখা গেল দ্রবণটিতে যে অ্যাসিড অবশিষ্ট রহিয়াছে উহাকে প্রশমিত করিতে (N/2) শক্তির 20 সি. সি. NaOH দ্রবণ লাগিতেছে। ব্যবহৃত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডটির বিশুদ্ধতা শতকরা মাত্রায় নির্ণয় কর। (*Ans* : 85·6%)

43. 10·0 মি. লি. $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ NaOH যোগে স্ফুটন করিয়া উৎপন্ন NH_3 গ্যাস 50·0 মি. লি. 0·100 (N) HCl-এ'তে চালিত করা হইল। উদ্বৃত্ত HCl কে প্রশমিত করিতে, 10 মি. লি. 0·2 (N) NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। 1 লিটার দ্রবণের মধ্যে, $(NH_4)SO_4$ এর মাত্রা নির্ণয় কর। [*Ans* : 19·8 গ্রাম]

44. 1·524 গ্রাম NH_4Cl কে জলে দ্রবীভূত করিয়া, 50 সি. সি. (N) KOH দ্রবণ যুক্ত করা হইল ও স্ফুটন করা হইল। NH_3 সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হইবার পর, দ্রবণকে শীতল করিয়া প্রশমিত করিতে 30·95 সি. সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণ লাগিল। NH_4Cl নমুনাটিতে, NH_3'র শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।
[Cal. I.Sc. 1931] [*Ans* : 21·25%]

45. 10 গ্রাম কপারের সহিত অতিরিক্ত H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় যে SO_2 পাওয়া যায় উহাকে (N/2) Na_2CO_3 দ্রবণের 1 লিটারের মধ্যে চালিত করা হইল। অবিকৃত Na_2CO_3 এর পরিমাণ নির্ণয় কর।
[Cu=63] [C. U. I. Sc.] [*Ans* : 9·68 গ্রাম]

46. একটি $CaCO_3$ নমুনা শতকরা 60% বিশুদ্ধ; কি পরিমাণ ঐ $CaCO_3$ ব্যবহার করিলে, উৎপন্ন CO_2 1 লিটার (N) NaOH দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে Na_2CO_3 করিবে? [C. U. I. Sc.]
[*Ans* : 8·33 গ্রাম]

47. কোনো অ্যাসিড দ্রবণের 50 সি. সি. দ্রবণকে (অ্যাসিডের মাত্রা 30 গ্রাম/লিটার) প্রশমিত করিতে (N/2) শক্তির ক্ষার দ্রবণের 65·2 সি. সি. লাগে। অ্যাসিডটির আণবিক ওজন 92 হইলে, উহার ক্ষারগ্রাহিতা কত? (*Ans* : 2)

48. 10 গ্রাম $CaCl_2$ এর সহিত সম্পূর্ণ বিক্রিয়া করিতে 100 মি. লি. Na_2CO_3 দ্রবণ লাগে; বিক্রিয়ার শেষে কোনো সোডিয়াম কার্বনেট অতিরিক্ত থাকে না। Na_2CO_3 দ্রবণটির শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় নির্ণয় কর।

পূর্বে যে বিক্রিয়াটি বর্ণিত হইল, ঐ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অধঃক্ষেপকে জলে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করিতে N. T. P'তে কি পরিমাণ CO_2 লাগিবে?

দ্রবীভূত করার পর যে স্বচ্ছ দ্রবণটি পাওয়া যাইবে, উহাকে স্ফুটন করিলে কি ঘটিবে—সমীকরণসহ বর্ণনা কর। [H. S. 1966] [*Ans* : 1·8 (N) ; 2·0182 লিটার ; $Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$; দ্রবণটি উৎপন্ন $CaCO_3$ এর অদ্রাব্য সাদা অধঃক্ষেপের জন্য পুনরায় অস্বচ্ছ হইয়া যাইবে]

49. 7·46 গ্রাম KCl কে দ্রবীভূত করিয়া 1 লিটার দ্রবণ করা হইল। এই দ্রবণের 20 মি. লি.'কে 18 মি. লি. কোনো $AgNO_3$ দ্রবণ যোগে বিক্রিয়া করাইতে সমস্ত ক্লোরাইড অদ্রাব্য সিলভার ক্লোরাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হইল। $AgNO_3$ দ্রবণটির নর্মালিটি ও উৎপন্ন AgCl এর পরিমাণ নির্ণয় কর।
[*Ans* : 0·111(N) এবং 0·287 গ্রাম]

50. KOH ও Na_2CO_3 এর একটি মিশ্র দ্রবণকে প্রশমনকালে দেখা গেল যে ফিনল্‌প্‌থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করিলে 15 মি. লি. (N/10) HCl দ্রবণ লাগে; কিন্তু, ঐ একই দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করিলে, একই HCl দ্রবণের 25 মি. লি. প্রয়োজন হয়। দ্রবণে KOH ও Na_2CO_3 এর পরিমাণ গ্রামে নির্ণয় কর। [Delhi H. S. 1953]
[*Ans* : 0·05 গ্রাম ও Na_2CO_3 এবং 0·014 গ্রাম KOH]

51. কোন একটি দ্বিক্ষারীয় জৈব অ্যাসিডের 0·25 গ্রাম লইয়া জলে দ্রবীভূত করিয়া আয়তন 100 মি. লি. করা হইল; ঐ দ্রবণের 10 মি. লি.'কে প্রশমিত করিতে (N/30) মাত্রার 12·3 মি. লি. NaOH দ্রবণ লাগে। অ্যাসিডটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [*Ans* : 121·92]

52. একটি দ্বিক্ষারীয় জৈব অ্যাসিডের বিশ্লেষণ ফল: 0·2496 গ্রাম অ্যাসিড হইতে 0·3168 গ্রাম CO_2 এবং 0·0864 গ্রাম H_2O পাওয়া গেল; 0·1092 গ্রাম অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 21 সি. সি. (N/10) NaOH দ্রবণ লাগিল। অ্যাসিডটির সঠিক সংকেত নির্ণয় কর ও রেখাসংকেতে প্রকাশ কর।
[Agra B. Sc. 1964] [*Ans* : $C_3H_4O_4$; $CH_2\langle^{COOH}_{COOH}$]

জারণ ও বিজারণ

নবম অধ্যায়

রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রকারভেদ—জারণ-বিজারণ—সাধারণ সংজ্ঞা—জারক ও বিজারক পদার্থ—পরমাণুর গঠন—ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন : জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা—জারণ সংখ্যা—জারণ সংখ্যাযোগে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণ—তাড়িত বিভব বা তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়—তাড়িত রাসায়নিক পর্যায় বিন্যাসের উপযোগিতা।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রকারভেদ
(Types of Chemical Reaction)

মৌল মৌলের সহিত, মৌল যৌগের সহিত বা যৌগ যৌগের সহিত নানারূপ রাসায়নিক বিক্রিয়া করিয়া থাকে। এই বিক্রিয়াগুলিকে কতকগুলি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়।*

● **সংশ্লেষণ** (Synthesis) : যে বিক্রিয়ায় একটি যৌগ পদার্থের উৎপাদনে, উহার উপাদান মৌলগুলি বিক্রিয়করূপে ক্রিয়া করে, ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে 'সংশ্লেষণ' বলা হয়।

$\underset{\text{মৌল}}{2H_2}+\underset{\text{মৌল}}{O_2}=\underset{\text{যৌগ}}{2H_2O}$ $\quad$ $\underset{\text{মৌল}}{H_2}+\underset{\text{মৌল}}{Cl_2}=\underset{\text{যৌগ}}{2HCl}$ $\quad$ $\underset{\text{মৌল}}{2Na}+\underset{\text{মৌল}}{Cl_2}=\underset{\text{যৌগ}}{2NaCl}$

● **বিশ্লেষণ** (Analysis) : যে বিক্রিয়ায় কোন যৌগ সম্পূর্ণরূপে উপাদান মৌলে বিভাজিত হইয়া যায়, ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে 'বিশ্লেষণ' বলা হয়। বিশ্লেষণ, সংশ্লেষণের বিপরীত বিক্রিয়া।

$$\underset{\text{যৌগ}}{2HCl}\overset{\text{তড়িৎ}}{=}\underset{\text{মৌল}}{H_2}+\underset{\text{মৌল}}{Cl_2}$$

$$2H_2\overset{\text{তড়িৎ}}{=}2H_2+O_2$$

$$2NaCl\overset{\text{তড়িৎ}}{=}2Na+Cl_2$$

● **বিযোজন** (Decomposition) : যে বিক্রিয়ায় যৌগের অপেক্ষাকৃত জটিল অণু সরলতর একাধিক যৌগ (অথবা মৌল এবং যৌগ) অণুতে বিভাজিত হয়, ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে 'বিযোজন' বলা হয়।

$$2KClO_3=2KCl+3O_2$$

$$CaCO_3=CaO+CO_2$$

* 'What happens when' বা 'কি বিক্রিয়া ঘটে' এরূপ প্রশ্নগুলির উত্তরকালে, বিক্রিয়া বর্ণনা কালে, বিক্রিয়াটি কোন্ শ্রেণীর তাহার উল্লেখ করা প্রয়োজন হয়।

● **সংযোজন** (Addition) : যে বিক্রিয়ায় একাধিক সরলতর যৌগের অণু সংযুক্ত হইয়া বৃহত্তর অণুর অন্য যৌগিক উৎপন্ন করে, ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে সংযোজন বলা হয়। সংযোজন বিযোজনের বিপরীত বিক্রিয়া।

$$CO+Cl_2=COCl_2$$
$$C_2H_4+Br_2=C_2H_4Br_2$$

● **প্রতিস্থাপন** (Displacement) : যে বিক্রিয়ায় কোন মৌলের পরমাণু, কোন যৌগের মধ্যস্থ অপর কোন মৌলের পরমাণুকে স্থানচ্যুত করিয়া উহার স্থান অধিকার করে (এবং স্থানচ্যুত মৌলটি মৌলরূপে বিমুক্ত হয়), ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে 'প্রতিস্থাপন' বলা হয়।

$$Zn + H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$
$$Fe + CuSO_4=FeSO_4+Cu$$

● **যুগ্ম প্রতিস্থাপন** (Double displacement or metathetical reaction) : যে বিক্রিয়ায় দুইটি যৌগের মধ্যে, উভয়ের মৌল পরমাণুগুলি পারস্পরিক প্রতিস্থাপন করে—ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে 'যুগ্ম-প্রতিস্থাপন বলা হয়।

$$AgNO_3 + KCl =AgCl+NO_3$$
$$BaCl_2 + H_2SO_4 =BaSO_4+2HCl$$
$$AlCl_3 + 3NaOH=Al(OH)_3+3NaCl.$$

সংক্ষিপ্ত সংকেতে, $AB+CD=AD+BC$

● **প্রশমন** (Neutralisation) : যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থগুলি অম্ল ও ক্ষারক এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি লবণ ও জল—ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে, 'প্রশমন বলা হয়। প্রশমন বিক্রিয়া, যুগ্ম-প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ারই বিশেষ রূপ।

$$HCl + NaOH =NaCl+H_2O$$
$$2HNO_3+Ca(OH)_2=Ca(NO_3)_2+2H_2O$$
$$H_2SO_4+BaO=BaSO_3+H_2O$$

● **জারণ-বিজারণ** (Oxidation-Reduction): যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কগুলির মধ্যস্থ এক বা একাধিক মৌলের বিক্রিয়া শেষে যোজ্যতার পরিবর্তন ঘটে—ঐ জাতীয় বিক্রিয়াগুলিকে 'জারণ-বিজারণ' বলা হয়।

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$$

Fe যোজ্যতা 3   Sn যোজ্যতা 2   Fe যোজ্যতা 2   Sn যোজ্যতা 4

$$2CuSO_4 + 4KI = 2CuI + 2K_2SO_4 + I_2$$

Cu যোজ্যতা 2   I যোজ্যতা 1   Cu যোজ্যতা 1   I যোজ্যতা 0

● **জটিল যৌগ গঠন** (Complex formation): যে বিক্রিয়ায় ধাতব লবণ বা ধাতু, 'যোজক অণু বা আয়নের' (ligands) সহিত যুক্ত হইয়া জটিল যৌগিকে পরিণত হয়, ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে 'জটিল যৌগ গঠন বিক্রিয়া' বলা হয়।

$$CuSO_4 + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4]SO_4$$

যোজক অণু   জটিল যৌগ

$$AgCl + 2NH_3 = [Ag(NH_3)_2]Cl$$

জটিল যৌগ

$$Ni + 4CO = Ni(CO)_4$$

জটিল যৌগ

● **পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস** (Molecular rearrangement): যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থ, অন্য কোন পদার্থ ছাড়াই, বিক্রিয়া শেষে নূতন পারমাণবিক পুনর্বিন্যাসসহ নূতন অণু গঠন করিয়া সম্পূর্ণ ভিন্ন শ্রেণীর যৌগে পরিণত হয়—ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বলা হয়।

$$NH_4CNO = CO(NH_2)_2$$

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট   ইউরিয়া

● **শৃংখলায়ন** (Polymerisation): যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের বহু সংখ্যক অণু পরস্পর একত্র সংবদ্ধ হইয়া—শৃংখলের ন্যায় বহু অণুর মিলিত রূপের একটি নূতন অণু ও নূতন যৌগ গঠন করে, ঐ জাতীয় বিক্রিয়াকে 'শৃংখলায়ন' বলা হয়।

$$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$$

অ্যাসিটিলিন   বেনজিন

$$nC_2H_4 \rightarrow (C_2H_4)n$$

ইথিলিন   পলিথিন

জারণ-বিজারণ : সাধারণ আলোচনা

(Oxidation-Reduction—General Discussion)

রাসায়নিক নানা বিক্রিয়াগুলির মধ্যে জারণ-বিজারণ জাতীয় বিক্রিয়াগুলি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ এবং প্রায়শঃই ঘটে বলিয়া ইহাদের বিশদ আলোচনা আবশ্যক।

জারণ এবং বিজারণ বস্তুতঃ দুইটি পৃথক বিক্রিয়া, কিন্তু এককভাবে ইহাদের কোনোটিই ঘটে না বলিয়া অনেক সময় একত্রে উহাদের উল্লেখ করা হয়। প্রতি জারণ বিক্রিয়ার সহিত বিজারণও ঘটে এবং কোন বিজারণ বিক্রিয়া ঘটিলেই উহার সহিত জারণ-বিক্রিয়াও ঘটে।

□ জারণ (Oxidation) :

যে বিক্রিয়ায়,

- বিক্রিয়কের সহিত অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ-ঋণাত্মক (electro-negative) মৌল যুক্ত হয় ;
- বিক্রিয়ক হইতে হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক (electro-positive) মৌল বিযুক্ত হয় ;
- বিক্রিয়কের মধ্যস্থ কোন মৌলের যোজ্যতা বৃদ্ধি ঘটে—ঐ বিক্রিয়াকে, জারণ বলা হয়।

এই সংজ্ঞার উদাহরণগুলি যথাক্রমে—

$$\left.\begin{aligned} 2\overset{0}{Cu}+O_2&=2\overset{+2}{Cu}O\\ 2\overset{0}{Mg}+O_2&=2\overset{+2}{Mg}O\\ 2\overset{0}{H}_2+O_2&=2\overset{+1}{H}_2O \end{aligned}\right]$$

অক্সিজেনের সংযোজন

$$\left.\begin{aligned} 2\overset{0}{Cu}+2Cl_2&=2\overset{+2}{Cu}Cl_2\\ \overset{+1}{Hg}_2Cl_2+Cl_2&=2\overset{+2}{Hg}Cl_2\\ 2\overset{+2}{Fe}Cl_2+Cl_2&=2\overset{+3}{Fe}Cl_3 \end{aligned}\right]$$

তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের (Cl) সংযোজন

$$\left.\begin{aligned} \overset{-4}{C}H_4+2O_2&=\overset{+4}{C}O_2+2H_2O\\ 2H_2\overset{-2}{O}+2Cl_2&=4HCl+\overset{0}{O}_2 \end{aligned}\right\}$$

হাইড্রোজেনের বিযোজন

$$\left.\begin{aligned} \overset{+1}{Hg}_2Cl_2+Cl_2&=2\overset{+2}{Hg}Cl_2\\ \overset{+1}{Cu}_2Cl_2+Cl_2&=2\overset{+2}{Cu}Cl_2 \end{aligned}\right\}$$

তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের বিযোজন

উপরোক্ত প্রতি উদাহরণেই, জারণের পূর্বে ও পরে জারিত মৌলের যোজ্যতা (সংকেতে মৌলের শীর্ষে সংখ্যা দ্বারা) প্রদর্শিত হইয়াছে। দেখা যায় প্রতি ক্ষেত্রেই, জারণ শেষে জারিত মৌলের যোজ্যতার বৃদ্ধি ঘটিয়াছে।

□ বিজারণ (Reduction) :

যে বিক্রিয়ায়—

- বিক্রিয়কের সহিত হাইড্রোজেন বা অন্য তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল যুক্ত হয় ;
- বিক্রিয়ক হইতে অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বিযুক্ত হয় ;
- বিক্রিয়কের মধ্যস্থ কোনো মৌলের যোজ্যতার হ্রাস ঘটে—

ঐ বিক্রিয়াকে বিজারণ বলা হয়। এই সংজ্ঞার উদাহরণগুলি যথাক্রমে,

$$\left.\begin{array}{l} \overset{0}{Cl}_2+H_2=2H\overset{-1}{Cl} \\ \overset{0}{C}+2H_2=\overset{-4}{C}H_4 \\ \overset{0}{S}+H_2=H_2\overset{-2}{S} \end{array}\right] \text{হাইড্রোজেনের সংযোজন}$$

$$\left.\begin{array}{l} \overset{+2}{Hg}Cl_2+Hg=\overset{+1}{Hg}_2Cl_2 \\ \overset{+2}{Cu}Cl_2+Cu=\overset{+1}{Cu}_2Cl_2 \end{array}\right\} \text{তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের সংযোজন}$$

$$\left.\begin{array}{l} \overset{+2}{Cu}O+H_2=\overset{0}{Cu}+H_2O \\ \overset{+2}{Fe}O+C=\overset{0}{Fe}+CO \\ \overset{+3}{Fe}_2O_3+2Al=2\overset{0}{Fe}+Al_2O_3 \end{array}\right\} \text{অক্সিজেনের বিযোজন}$$

$$\left.\begin{array}{l} 2\overset{+3}{Fe}Cl+H_2=2\overset{+2}{Fe}Cl_2+2HCl \\ \overset{+4}{Mn}O_2+C=\overset{+2}{Mn}O+CO \end{array}\right] \text{তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের বিযোজন}$$

উপরোক্ত প্রতি উদাহরণেই, বিজারণের পূর্বে ও পরে, বিজারিত মৌলের যোজ্যতা (সংকেতে মৌলের শীর্ষের সংখ্যার দ্বারা) প্রদর্শিত হইয়াছে। দেখা যায় প্রতি ক্ষেত্রেই, বিজারণ শেষে বিজারিত মৌলের যোজ্যতা হ্রাস পাইয়াছে।

□ জারণ ও বিজারণ একত্রে ঘটে (Oxidation & reduction takes place simultaneously) :

জারণ ও বিজারণ কোনোটিই এককভাবে ঘটে না—উহারা একত্রে, একই কালে ঘটিয়া থাকে। অর্থাৎ, কোনো পদার্থের জারণ ঘটিলে, ঐ বিক্রিয়ার মধ্যেই অপর কোন সহ-পদার্থের বিজারণও ঘটিয়া থাকে এবং বিপরীতক্রমে কোন পদার্থের বিজারণ ঘটিলে, ঐ বিক্রিয়ার মধ্যেই, অপর কোন সহপদার্থের জারণ ঘটিয়া থাকে।

এই সিদ্ধান্তটির প্রমাণস্বরূপ জারণক্রিয়ার যে কোন একটি পূর্বপ্রদত্ত উদাহরণ ধরা যাক্ ; যথা, $2\overset{0}{Cu}+\overset{0}{O}_2=2\overset{+2}{Cu}\overset{-2}{O}$

এই বিক্রিয়ায়, Cu অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে ও উহার যোজ্যতার বৃদ্ধি ঘটিয়াছে ; অর্থাৎ Cu জারিত হইয়াছে। আবার, অক্সিজেনকে ভিত্তি করিয়া বিচার

করিলে, উহার সহিত তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল Cu যুক্ত হইয়াছে ও উহার যোজ্যতার হ্রাস (O^{-2}) ঘটিয়াছে ; অর্থাৎ অক্সিজেন বিজারিত হইয়াছে। সুতরাং জারণ ও বিজারণ একত্রেই ঘটিয়াছে।

বিজারণক্রিয়ার উদাহরণ স্বরূপ ধরা যাক্—$\overset{0}{H}_2+\overset{0}{Cl}_2=2\overset{+1-1}{HCl}$

এই বিক্রিয়ায় Cl-এর সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়াছে এবং উহার যোজ্যতার হ্রাস ঘটিয়াছে ; অর্থাৎ Cl বিজারিত হইয়াছে। আবার H-কে ভিত্তি করিয়া আলোচনা করিলে, উহার সহিত তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল Cl যুক্ত হইয়াছে এবং উহার যোজ্যতার বৃদ্ধি ঘটিয়াছে ; অর্থাৎ H জারিত হইয়াছে। সুতরাং, জারণ ও বিজারণ পরস্পর অবিচ্ছেদ্য।

$$2FeCl_3+SnCl_2=2FeCl_2+SnCl_4$$

এই বিক্রিয়ায় অন্যতম বিক্রিয়ক $FeCl_3 \rightarrow FeCl_2$ রূপে বিজারিত হইয়াছে ; একই কালে $SnCl_2 \rightarrow SnCl_4$ রূপে জারিত হইয়াছে। সুতরাং জারণ ও বিজারণ একত্রেই ঘটে।

□ জারক ও বিজারক পদার্থের সহজ নিরীক্ষা :

জারক পদার্থগুলি সহজে বিজারিত হইবার ক্ষমতা সম্পন্ন ; ইহাদের নির্ণয়ের সহজ নিরীক্ষা : ইহারা

- লঘু পটাশিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণকে হলুদবর্ণের আয়োডিন দ্রবণে পরিণত করে।
- প্রায় বর্ণহীন লঘু ফেরাস লবণের দ্রবণকে, হলুদবর্ণের ফেরিক লবণের দ্রবণে পরিণত করে।
- বর্ণহীন H_2S গ্যাসের জলীয় দ্রবণ হইতে শুভ্র সালফার (কোলয়েড রূপে), উৎপন্ন করে।

বিজারক পদার্থগুলি সহজে জারিত হইবার ক্ষমতাসম্পন্ন ; ইহাদের নির্ণয়ের সহজ নিরীক্ষা : ইহারা

- হলুদবর্ণ লঘু আয়োডিনের দ্রবণকে, বর্ণহীন আয়োডাইড আয়নযুক্ত দ্রবণে পরিণত করে।
- লঘু হলুদ বর্ণের ফেরিক লবণের দ্রবণকে, প্রায় বর্ণহীন ফেরাস লবণের দ্রবণে পরিণত করে।
- লঘু পটাশিয়াম পার্মাংগানেট দ্রবণের গোলাপী বর্ণকে বর্ণহীন করে।
- লঘু পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণের কমলা বর্ণকে, সবুজ বর্ণ করে।

□ কয়েকটি প্রচলিত জারক ও বিজারক পদার্থ :

জারক পদার্থ : F_2, O_2, Cl_2, Br_2, I_2, O_3, H_2O_2, $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$, গাঢ় H_2SO_4, গাঢ় HNO_3 ইত্যাদি।

বিজারক পদার্থ ঃ H_2, বিভিন্ন ধাতু সমূহ, SO_2, H_2S, $Na_2S_2O_3$, H_2SO_3, ফেরাস লবণ সমূহ, HNO_2, ইত্যাদি।

পরমাণুর গঠন ঃ ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন

(Atomic Structure : Electron, Proton and Neutron)

পরমাণু মাত্রেই অতি-পারমাণবিক (subatomic) তিনপ্রকার কণার সমবায়ে উৎপন্ন হয়। এই কণাগুলি ইলেকট্রন (electron), প্রোটন (proton) ও নিউট্রন (neutron)। এই কণাগুলির ভর (a. m. u. এককে) এবং আধান (charge) (একটি হাইড্রোজেন আয়ন বা H^+-এর আধানকে $+1$ ধরিয়া) যথাক্রমে—

কণা	আধান	ভর
ইলেকট্রন	−1	নগণ্য
প্রোটন	+1	1
নিউট্রন	0	1

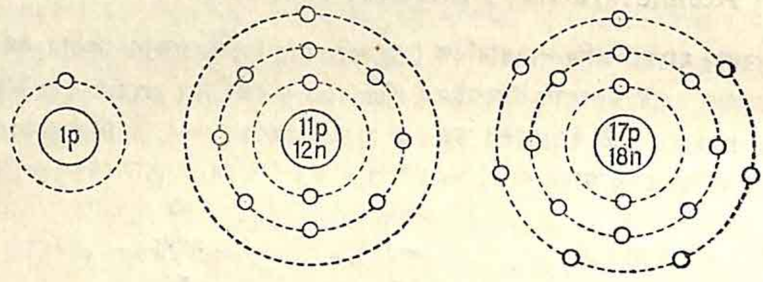
একটি মৌলের পরমাণু, অযুক্ত অবস্থায় থাকাকালীন উহার মোট আধান শূন্য থাকে, অর্থাৎ ঐ পরমাণুর মোট প্রোটন সংখ্যা উহার মোট ইলেকট্রন সংখ্যার সমান হয়। কোন মৌল পরমাণুর এক্স্-রশ্মি বর্ণালী পরীক্ষার (X-ray spectra) ফল হইতে, ঐ মৌল পরমাণুর মধ্যস্থ **প্রোটন সংখ্যা**, বা **ইলেকট্রন সংখ্যা** জানা যায়। এই সংখ্যাটিকে মৌলের 'পরমাণু-ক্রমাংক' (atomic number) বলা হয়।

কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন হইতে পরমাণু-ক্রমাংক বিয়োগ করিয়া যে সংখ্যাটি পাওয়া যায়, উহাই মৌলটির পরমাণুর মধ্যস্থ **নিউট্রনের সংখ্যা**।

অতএব, যে কোন মৌল পরমাণুর, পরমাণু-ক্রমাংক ও পারমাণবিক ওজন জানা থাকিলে—মৌল পরমাণুটির মধ্যস্থ, ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যাগুলি জানা যায়। যথা—

মৌল পরমাণু	পরমাণু-ক্রমাংক	পারমাণবিক ওজন	ইলেকট্রন সংখ্যা	প্রোটন সংখ্যা	নিউট্রন সংখ্যা =পারমাণবিক ওজন —পরমাণু ক্রমাংক
H	1	1	1	1	1−1=0
Cl	17	(প্রায়) 35	17	17	35−17=18
Na	11	23	11	11	23−11=12
Mg	12	24	12	12	24−12=12
Fe	26	(প্রায়) 56	26	26	56−26=30

যৌগের পরমাণুতে, ভারী প্রোটন ও নিউট্রন মিলিয়া একটি কেন্দ্রীন বা নিউক্লিয়াস (nucleus) গঠিত হয় ; এই কেন্দ্রীনের বাহিরে, বিভিন্ন বৃত্তাকার* কক্ষপথে ইলেকট্রনগুলি আবর্তনশীল থাকে। নিম্নে উদাহরণস্বরূপ কয়েকটি পরমাণুর গঠন দেওয়া হইল—



হাইড্রোজেন পরমাণু n=নিউট্রন সোডিয়াম পরমাণু p=প্রোটন ক্লোরিন পরমাণু O=ইলেকট্রন

চিত্র 9.1

কোন পরমাণু যখন অযুক্ত অবস্থায় থাকে, তখন উহার নিউক্লিয়াসের মোট আধান, বহিঃকক্ষস্থ ইলেকট্রনগুলির মোট আধানের সমান থাকে বলিয়া পরমাণুর কোন চূড়ান্ত ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান থাকে না।

কোন পরমাণু হইতে ইলেকট্রন বিযুক্ত হইলে বা কোন পরমাণুতে ইলেকট্রন যুক্ত হইলে—ফলস্বরূপ, পরমাণুটির প্রোটন ও ইলেকট্রন সংখ্যাগুলি অসমান হইয়া যায়। প্রোটন সংখ্যা এক থাকিয়া, ইলেকট্রন বিযুক্ত হইলে, অর্থাৎ আদি পরমাণু অপেক্ষা ইলেকট্রন সংখ্যা কম হইয়া গেলে, পরমাণুটির ধনাত্মক আধান দেখা দেয় ; অনুরূপভাবে, প্রোটন সংখ্যা এক থাকিয়া—ইলেকট্রন যুক্ত হইলে অর্থাৎ আদি পরমাণু অপেক্ষা ইলেকট্রন সংখ্যা অধিক হইয়া গেলে, পরমাণুটির ঋণাত্মক আধান দেখা দেয়। এই আধানযুক্ত অবস্থাগুলিতে পরমাণুকে **'আয়ন'** (ion) বলা হয়। আয়নে, পরমাণুর ধর্ম আর থাকে না—উহা নূতন ধর্মসম্পন্ন হয়।

Na পরমাণু [$e=11, p=11, n=12$] হইতে ইলেকট্রন বিযুক্ত হইলে ইহার পরিবর্তিত রূপ হয়—[$e=10, p=11, n=12$] ; অর্থাৎ 11 p ও 10e-এর মোট আধান দাঁড়ায় +1। এই অবস্থাটিকে বলা হয়, সোডিয়াম আয়ন Na^+। সংক্ষেপে, এই পরিবর্তনটি $Na - e \rightarrow Na^+$

অনুরূপভাবে, Cl পরমাণুর [$e=17, p=17, n=18$] সহিত ইলেকট্রনযুক্ত হইলে, ইহার পরিবর্তিত রূপ হয়—[$e=18, p=17, n=18$] ; অর্থাৎ 17 p ও

* সঠিক বিচারে কক্ষপথ উপবৃত্তাকারও হয়। দ্বিতীয় খণ্ডের আলোচনা দ্রষ্টব্য।

18e-এর যুক্ত ফলস্বরূপ মোট আধান দাঁড়ায় -1। এই অবস্থাটিকে বলা হয় ক্লোরাইড আয়ন Cl^-। সংক্ষেপে এই পরিবর্তনটি—

$$Cl + e \rightarrow Cl^-$$

একইভাবে, কোন আধানহীন স্বাভাবিক পরমাণু হইতে দুইটি ইলেকট্রন বিযুক্ত হইলে, ইহা নিম্নরূপে ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয়—

$$M - 2e \rightarrow M^{++}$$

আবার, কোন পরমাণুতে দুইটি ইলেকট্রন যুক্ত হইলে, ইহা নিম্নরূপে ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হয়—

$$X + 2e \rightarrow X^{--}$$

অধিকাংশ যৌগেই, বিশেষ করিয়া লবণগুলিতে, উপাদান মৌলগুলি আয়নরূপেই যুক্ত ও অবস্থিত থাকে। যথা—

$NaCl$ [Na^+, Cl^-], $ZnSO_4$ [Zn^{++}, SO_4^{--}] $FeCl_3$ [Fe^{+++}, $3Cl^-$], $FeCl_2$ [Fe^{++}, $2Cl^-$] ইত্যাদি।

জারণ ও বিজারণ ঃ ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা

জারণ ও বিজারণের পূর্বপ্রদত্ত সংজ্ঞাগুলিতে এখন ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা দেওয়া যায় এবং পূর্বপ্রদত্ত সংজ্ঞার সহিত আধুনিক ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যার সম্পর্কের যে সামঞ্জস্য তাহা আলোচনা করা যায়।

পূর্বে আলোচিত হইয়াছে, সকলপ্রকার জারণের ফলেই যোজ্যতার বৃদ্ধি ঘটে ও সকল প্রকার বিজারণের ফলেই যোজ্যতা হ্রাস পায়। ফেরাস লবণগুলি [Fe : যোজ্যতা 2] যে বিক্রিয়ায় ফেরিক লবণে [Fe : যোজ্যতা 3] পরিণত হয়, উহাকে জারণ এবং বিপরীত বিক্রিয়া অর্থাৎ ফেরিক লবণ হইতে ফেরাস লবণে পরিণত হওয়াকে বিজারণ বলা হয়।

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

জারণ

$$2FeCl_3 + H_2 = 2FeCl_2 + 2HCl$$

বিজারণ

ফেরাসের অন্য লবণগুলি, যেমন ফেরাস সালফেট, ফেরাস নাইট্রেট, এগুলিও অনুরূপভাবে জারিত হইয়া যথাক্রমে ফেরিক সালফেট ও ফেরিক নাইট্রেটে পরিণত হয়। বিপরীতক্রমে, অন্য ফেরিক লবণগুলি যেমন ফেরিক সালফেট, ফেরিক নাইট্রেট এগুলি বিজারিত হইয়া যথাক্রমে ফেরাস সালফেট, ফেরাস নাইট্রেটে পরিণত হয়।

অর্থাৎ, মূলে—এই সকল লবণেরই 'জারণে—ফেরাস অংশ ফেরিক অংশে', এবং 'বিজারণে—ফেরিক অংশ ফেরাস অংশে' পরিণত হয়। এখন সকল ফেরিক লবণেই Fe, Fe^{+++} আয়নরূপে থাকে এবং সকল ফেরাস লবণেই Fe, Fe^{++} আয়নরূপে থাকে। সুতরাং, জারণ-বিজারণের মূল প্রক্রিয়াটি

$$Fe^{++} \underset{\text{বিজারণ}}{\overset{\text{জারণ}}{\rightleftharpoons}} Fe^{+++}$$

ইলেকট্রনীয় গঠনের আলোকে উপরোক্ত পরিবর্তন, ইলেকট্রন যুক্ত বা বিযুক্ত হওয়ার ফলে ঘটে ;

আমরা জানি,

$$\underset{\text{Fe পরমাণু}}{Fe} - 2e = \underset{\text{ফেরাস আয়ন}}{Fe^{++}}$$

$$\underset{\text{Fe পরমাণু}}{Fe} - 3e = \underset{\text{ফেরিক আয়ন}}{Fe^{+++}}$$

সুতরাং

$$\underset{\text{ফেরাস আয়ন}}{Fe^{++}} - e = \underset{\text{ফেরিক আয়ন}}{Fe^{+++}}$$

$$\underset{\text{ফেরিক আয়ন}}{Fe^{+++}} + e = \underset{\text{ফেরাস আয়ন}}{Fe^{++}}$$

অর্থাৎ একটি **ইলেকট্রন বিযুক্ত হওয়ার ফলেই** ফেরাস হইতে ফেরিকে পরিবর্তন বা **জারণ ঘটে ;** এবং একটি **ইলেকট্রন যুক্ত হওয়ার ফলেই** ফেরিক হইতে ফেরাসে পরিবর্তন বা **বিজারণ ঘটে।**

অনুরূপভাবে, $SnCl_2 \rightarrow SnCl_4$ জারণ

$$Sn^{++} \rightarrow Sn^{++++}$$

ইলেকট্রনীয় বিচারে $Sn^{++} - 2e \rightarrow Sn^{++++}$

আবার, $2FeCl_3 \rightarrow 2FeCl_2$ বিজারণ

$$2Fe^{+++} \rightarrow 2Fe^{++}$$

ইলেকট্রনীয় বিচারে $2Fe^{+++} + 2e \rightarrow 2Fe^{++}$

দুইটি বিক্রিয়া একত্রে ঘটিলে, Sn^{++} হইতে বিযুক্ত দুইটি ইলেকট্রন এবং $2Fe^{+++}$ এর ক্ষেত্রে যুক্ত দুইটি ইলেকট্রন পরস্পর সাম্য করিবে এবং মোট জারণ-বিজারণ একত্রেই ঘটিবে।

$$Sn^{++} - 2e \rightarrow Sn^{++++}$$
$$2Fe^{+++} + 2e \rightarrow 2Fe^{++}$$
$$\overline{2Fe^{+++} + Sn^{++} \rightarrow 2Fe^{++} + Sn^{++++}}$$

সমগ্র বিক্রিয়া : $2FeCl_3 + SnCl_2 \rightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$

অধাতু মৌলের ক্ষেত্রেও এই ব্যাখ্যাটি সমভাবে প্রযোজ্য :
কোন বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড যখন ক্লোরিনে পরিণত হয় তখন জারণ ঘটে—

$$2Cl^- - 2e \xrightarrow{\text{জারণ}} Cl_2$$

আবার কোন বিক্রিয়ায় ক্লোরিন যখন ক্লোরাইড আয়নে পরিণত হয় তখন বিজারণ ঘটে—

$$Cl_2 + 2e \xrightarrow{\text{বিজারণ}} 2Cl^-$$

সুতরাং ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা হইতে প্রমাণ হয়—

- **ইলেকট্রন বিযোজন বিক্রিয়াগুলি—জারণ বিক্রিয়া।**
- **ইলেকট্রন সংযোজন বিক্রিয়াগুলি—বিজারণ বিক্রিয়া।**

যে যৌগ পদার্থগুলি ইলেকট্রন দাতা (যেমন, $SnCl_2$) উহারা **বিজারক পদার্থ**। ইহারা ইলেকট্রন ছাড়িয়া সহজে জারিত হয়।

যে যৌগ পদার্থগুলি ইলেকট্রন-গ্রহীতা (যেমন, $FeCl_3$) উহারা **জারক পদার্থ**। উহারা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া সহজে বিজারিত হইয়া যায়।

উদাহরণ : ধরা যাক্ একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া নিম্নরূপে দেখান হইল—

$$Cl_2 + 2I^- = 2Cl^- + I_2$$

এই বিক্রিয়ায়, ইলেকট্রনীয় বিচারে কোন্‌টি জারক ও কোন্‌টি বিজারক ?

এই বিক্রিয়ায় $Cl_2 \rightarrow 2Cl^-$, এবং $2I^- \rightarrow I_2$ হইয়াছে।

ইলেকট্রনীয় বিচারে $Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$

এবং $2I^- - 2e \rightarrow I_2$

অতএব, Cl_2 **ইলেকট্রন গ্রহীতা বা জারক**; এবং **আয়োডাইড আয়ন (I^-) ইলেকট্রন দাতা বা বিজারক।**

☐ জারক-বিজারক পদার্থের তুল্যাংকভার :

ইলেকট্রনের আদান-প্রদানের ভিত্তিতে জারণ-বিজারণ ঘটিয়া থাকে।

জারক পদার্থের যে ওজন একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে, ঐ ওজনকে 'জারক পদার্থের তুল্যাংকভার' বলা হয়।

বিজারক পদার্থের যে ওজন একটি ইলেকট্রন বর্জন করে, ঐ ওজনকে 'বিজারক পদার্থের তুল্যাংকভার' বলা হয়।

উদাহরণ :

পার্মাংগানেট আয়ন (MnO_4^-) একটি জারক পদার্থ ; ইলেকট্রনীয় বিচারে ইহার অম্লীকৃত দ্রবণে ইলেকট্রন গ্রহণের সমীকরণ—

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{++} + 4H_2O.$$

অর্থাৎ একটি MnO_4^- আয়ন (বা এক অণু $KMnO_4$) 5টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে ; অতএব পূর্বপ্রদত্ত সংজ্ঞানুসারে

$$KMnO_4 \text{ এর তুল্যাংকভার} = \frac{KMnO_4 \text{ এর আণবিক ওজন}}{5}$$

অনুরূপভাবে, অম্লীকৃত দ্রবণে ডাইক্রোমেট আয়ন ($Cr_2O_7^{--}$) একটি জারক পদার্থ ; যথা, $Cr_2O_7^{--}+14H^++6e=2Cr^{+++}+7H_2O$.

অর্থাৎ একটি $Cr_2O_7^{--}$ আয়ন (বা 1 অণু $K_2Cr_2O_7$) 6টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে ; সুতরাং সংজ্ঞানুসারে

$$K_2Cr_2O_7 \text{ এর তুল্যাংকভার} = \frac{K_2Cr_2O_7 \text{ এর আণবিক ওজন}}{6}$$

Fe^{++} বা ফেরাস আয়ন (ফেরাস সালফেট) একটি বিজারক পদার্থ ; ইলেকট্রনীয় বিচারে ইহার বিজারণ ক্রিয়া—

$$Fe^{++}-e=Fe^{+++}$$

অর্থাৎ, একটি Fe^{++} আয়ন (বা 1 অণু $FeSO_4$) 1টি ইলেকট্রন বর্জন করে ; সুতরাং সংজ্ঞানুসারে

$$FeSO_4 \text{ এর তুল্যাংকভার} = \frac{FeSO_4 \text{ এর আণবিক ওজন}}{1}$$

□ জারণ সংখ্যা (Oxidation number) :

যে কোন যৌগের মধ্যে, মৌলগুলি একটি নির্দিষ্ট যোজ্যতাযুক্ত হইয়া অবস্থান করে। যেহেতু মৌলের যোজ্যতা জারণ-বিজারণের সহিত প্রত্যক্ষভাবে জড়িত, মৌলের প্রদর্শিত যোজ্যতার মাত্রা মৌলটির জারণ বা বিজারণের মাত্রাও সূচিত করে। যৌগের মধ্যে মৌলের যোজ্যতাবাচক যে সংখ্যা, ঐ সংখ্যাকে **জারণ সংখ্যা** (Oxidation number) বা **যোজ্যতা সংখ্যা** (Valency number) বলা হয়।

কোন যৌগের মধ্যে কোন **মৌলের জারণ সংখ্যা বলিতে—মৌলটির অযুক্ত অবস্থা হইতে ঐ যৌগে মৌলটি যে অবস্থায় আছে, ঐ অবস্থায় পৌঁছানোর জন্য প্রয়োজনীয় জারণ বা বিজারণের মাত্রা বুঝায়। জারণ-সংখ্যা ধনাত্মক (+) ও ঋণাত্মক (–) উভয় চিহ্ন দ্বারাই প্রকাশিত হয়। যৌগে, মৌলের জারণ-সংখ্যা ধনাত্মক হইলে মৌলের জারণ ঘটিয়াছে বুঝায়, এবং যৌগে, মৌলের জারণ-সংখ্যা ঋণাত্মক হইলে মৌলের বিজারণ ঘটিয়াছে বুঝায়।**

জারণ-সংখ্যা নির্ণয়ের ক্ষেত্রে কয়েকটি স্বতঃসিদ্ধ নিয়ম প্রযোজ্য হইয়া থাকে।

- যে কোন মৌলের অযুক্ত অবস্থায়, জারণ সংখ্যা শূন্য (0) ;
- যুক্ত অবস্থায়—

(i) হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা সর্বদাই $+1$ (ব্যতিক্রম কয়েকটি তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক ধাতুর ধাতব হাইড্রাইড, যেমন, NaH ; এক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা -1)।

(ii) অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা সর্বদাই -2 (ব্যতিক্রম পারক্সাইড যৌগগুলি, যেমন H_2O_2, Na_2O_2—এগুলির ক্ষেত্রে, অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা -1 ; F_2O যৌগে, F এর জারণ সংখ্যা -1, এবং O এর জারণ সংখ্যা $+2$)।

(iii) ধাতুর পরমাণুর জারণ সংখ্যা সর্বদাই ধনাত্মক।*

(iv) আয়ন বা যৌগমূলকের জারণ সংখ্যা, উহাদের যোজ্যতার সমান। (যেমন SO_4 এর জারণ সংখ্যা -2 ; NH_4 এর জারণ সংখ্যা $+1$)।

(v) যে কোন যৌগে—পৃথক পৃথকভাবে মৌলগুলির জারণসংখ্যাগুলির (+ ও − চিহ্ন সমেত) যোগফল, সর্বদাই শূন্য।

উদাহরণ : $H\underline{N}O_3$, $\underline{N}H_3$, $H_2\underline{S}O_4$, $K\underline{Mn}O_4$, $H\underline{Cl}O_4$, $\underline{C}H_4$, $\underline{C}O_2$, $Ca\underline{H_2}$—এই যোগগুলিতে, রেখাংকিত মৌলগুলির জারণসংখ্যা নির্ণয় কর।

HNO_3 : এই যৌগে, H-এর জারণ সংখ্যা $+1$; 3টি O-এর জারণসংখ্যা $3\times -2=-6$; এবং যৌগটিতে মৌলগুলির জারণ সংখ্যার সমষ্টি শূন্য (0)।

N-এর জারণ সংখ্যা যদি x ধরা যায়—

$$+1+x-6=0 \quad , \quad \text{বা} \quad x=+5$$

NH_3 : এই যৌগে H-এর জারণ সংখ্যা $+1$ এবং 3H-এর মোট জারণ সংখ্যা $3\times +1=+3$; N-এর জারণ সংখ্যা যদি x হয়, নিয়মানুসারে, $x+3=0$, বা $x=-3$.

H_2SO_4 : ধরা যাক, এই যৌগে S-এর জারণ সংখ্যা x ; পূর্বের ন্যায়—

$$2\times(+1)+x+4\times(-2)=0$$
$$+2+x-8=0, \quad \text{বা} \quad x=+6$$

$KMnO_4$: ধরা যাক এই যৌগে Mn-এর জারণ-সংখ্যা x ; পূর্বের ন্যায়—

$$1\times(+1)+x+4\times(-2)=0$$
$$+1+x-8=0, \quad \text{বা} \quad x=+7$$

$HClO_4$: ধরা যাক, Cl-এর জারণ-সংখ্যা x ; পূর্বের ন্যায়

$$1\times(+1)+x+4\times(-2)=0$$
$$+1+x-8=0, \quad \text{বা} \quad x=+7$$

---

* কোন কোন ধাতব হাইড্রাইডে, যেমন SbH_3, ধাতুর জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক ; $\overset{-3}{Sb}\overset{+3}{H_3}$

CH_4 : ধরা যাক্, C-এর জারণ সংখ্যা x ; পূর্বের ন্যায়

$x+4\times(+1)=0$, বা $x=-4$

CO_2 : ধরা যাক্ C-এর জারণ সংখ্যা x ; পূর্বের ন্যায়

$x+2\times(-2)=0$, বা $x=+4$

CaH_2 : ধরা যাক্ প্রতি H-এর জারণ সংখ্যা x ; পূর্বের ন্যায়

$2\times(+1)+2x=0$: বা $x=-1$

☐ জারণ-সংখ্যা যোগে, জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণ (Balancing oxidation reduction reactions by oxidation number method) :

জারণ সংখ্যাগুলি নির্ণয়ের পর, ইহাদের সাহায্যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়াগুলির সমীকরণ সহজেই লেখা যায়। জারণ-সংখ্যা হইতে, জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার পূর্ণ সমীকরণে উপনীত হইতে যে পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়, উহা তিনটি স্তরে বিভক্ত—

1. জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটির বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি যথাযথ সংকেতসহ সমীকরণের উভয় পার্শ্বে লেখা হয় এবং যে মৌলগুলি জারিত ও বিজারিত হয়, তাহাদের যথাযথ জারণ সংখ্যা মৌল সংকেতের শীর্ষে লেখা হয় ; যথা—

$$\overset{+3}{Fe}Cl_3+\overset{+2}{Sn}Cl_2\rightarrow\overset{+2}{Fe}Cl_2+\overset{+4}{Sn}Cl_4$$

2. জারণ সংখ্যার হ্রাস বা বৃদ্ধি যে অনুপাতে ঘটিয়াছে উহা গণনা করিয়া নিম্নলিখিত ভাবে লেখা হয়—

জারণ সংখ্যার হ্রাস $=-1$

$$\overset{+3}{Fe}Cl_3 \quad + \quad \overset{+2}{Sn}Cl_2 \quad \rightarrow \quad \overset{+2}{Fe}Cl_2+\overset{+4}{Sn}Cl_4$$

জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি $=+2$

3. যেহেতু জারণ ও বিজারণ সমমাত্রায় ঘটে পূর্বোক্ত সমীকরণে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির জারণ-সংখ্যার হ্রাস ও বৃদ্ধিকে উপযুক্ত গুণনীয়ক দ্বারা গুণ করিয়া সমান করা হয়।

উপরোক্ত সমীকরণে জারণ সংখ্যা হ্রাস = জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি করিতে হইলে $FeCl_3$ অংশটিকে গুণনীয়ক 2 দ্বারা গুণ করিতে হইবে। অর্থাৎ

জারণ সংখ্যা হ্রাস $=-[2\times(+3)-2\times(+2)]=-2$

$$2\times\overset{+3}{Fe}Cl_3 \quad + \quad \overset{+2}{Sn}Cl_2 \longrightarrow 2\times\overset{+2}{Fe}Cl_2 \quad - \quad \overset{+4}{Sn}Cl_4$$

জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি $=+2$

সুতরাং, পূর্ণ সমীকরণ : $2FeCl_3+SnCl_2=2FeCl_2+SnCl_4$

এই পদ্ধতির সমীকরণের আরো কয়েকটি উদাহরণ :—

● **কার্বনের সহিত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া :—**

প্রথম স্তর $C+H_2SO_4 \rightarrow CO_2+SO_2+H_2O$

দ্বিতীয় স্তর $\overset{0}{C}+H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightarrow \overset{+4}{C}O_2+\overset{+4}{S}O_2+H_2O$

জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি= +4

$$\overset{0}{C}+H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightarrow \overset{+4}{C}O_2+\overset{+4}{S}O_2+H_2O$$

জারণসংখ্যার হ্রাস= −2

জারণসংখ্যার বৃদ্ধি= +4

গুণনীয়ক যোগে গুণন $\overset{0}{C}+2\times H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightarrow \overset{+4}{C}O_2+2\times \overset{+4}{S}O_2+2\times H_2O$

জারণ সংখ্যার হ্রাস=$[2\times(+6)-2\times(+4)]=-4$

∴ পূর্ণ সমীকরণ : $C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$

● **সালফার ডায়ক্সাইডের সহিত হাইড্রোজেন সালফাইডের বিক্রিয়া :**

$SO_2+H_2S \rightarrow S+H_2O+S$

জারণ সংখ্যার হ্রাস= −4

$$\overset{+4}{S}O_2+H_2\overset{-2}{S} \longrightarrow \overset{0}{S}+H_2O+\overset{0}{S}$$

জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি= +2

$$SO_2+2\times H_2S=S+H_2O+2S$$

∴ পূর্ণ সমীকরণ : $SO_2+H_2S=3S+2H_2O$

● **কপারের সহিত উত্তপ্ত ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া :**

$$Cu+HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2+H_2O+NO_2$$

এই বিক্রিয়ায় HNO_3, Cu কে জারিত করিয়া $Cu(NO_3)_2$-এতে পরিণত করে। আবার প্রতি Cu পরমাণু জারিত হইবার পর উহাকে লবণে পরিণত করিতে

দুইটি NO_3 মূলক বা দুই অণু HNO_3 লাগে। এই লবণ উৎপাদক HNO_3 অংশটি সমীকরণে পৃথকভাবে, অতিরিক্ত বিক্রিয়করূপে লেখা প্রয়োজন।

$$Cu + \underset{\text{লবণ উৎপাদক}}{2HNO_3} + \underset{\text{জারক}}{HNO_3} = Cu(NO_3)_2 + H_2O + NO_2$$

জারক সংখ্যার বৃদ্ধি $= +2$

$$\overset{0}{Cu} + 2HNO_3 + \overset{+5}{H}NO_3 = \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + H_2O + \overset{+4}{N}O_2$$

জারণ সংখ্যার হ্রাস $= -1$

জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি $= +2$

$$\overset{0}{Cu} + 2HNO_3 + 2 \times HNO_3 = \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + 2 \times H_2O + 2 \times \overset{+4}{N}O_2$$

জারণ সংখ্যার হ্রাস $= 2 \times (-1) = -2$

পূর্ণ সমীকরণ : $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

● জায়মান (nascent) হাইড্রোজেনের সহিত অম্লীকৃত (acidified) পটাসিয়াম পার্মাংগানেট দ্রবণের বিক্রিয়া :

$$KMnO_4 + H_2SO_4 + H \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় বামদিকে বিক্রিয়ক H (1 পরমাণু H) কিন্তু ডানদিকে জারিত পদার্থ H_2O (2 পরমাণু H) ; সূচনাতেই, বামদিকে H কে 2 দ্বারা গুণ করা দরকার। পরে লেখা যায়—

জারণ সংখ্যার হ্রাস $= -5$

$$\overset{+7}{K}MnO_4 + H_2SO_4 + 2\overset{0}{H} \rightarrow K_2SO_4 + \overset{+2}{M}nSO_4 + H_2O + \overset{+1}{H}_2O$$

জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি প্রতি H পরমাণু পিছু, +1 ; H_2 অণুতে +2

$\therefore$ মোট জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি $= 2 \times (+1) = +2$

জারণ সংখ্যা হ্রাস : জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি : : $-5 : +2$

$$\therefore\ 2 \times KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5 \times 2H$$
$$\rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + 3H_2O + 5H_2O$$

[$KMnO_4$ এর অণুকে 5 দ্বারা গুণ করার ফলে K পরমাণু ও Mn পরমাণুর যে বৃদ্ধি ঘটে—উহাদের যথাক্রমিক লবণে পরিণত করার জন্য H_2SO_4 এর পরিমাণ তিন গুণ (×3) করিয়া $3H_2SO_4$ করিতে হয় এবং ফলে উৎপন্ন জলও $3H_2O$ হয়।]

$\therefore$ পূর্ণ সমীকরণ : $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H$

$$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O.$$

● হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত ফেরিক ক্লোরাইডের বিক্রিয়া ঃ

[উ. মা. শি. প.—আদর্শ প্রশ্ন]

$$FeCl_3 + H_2S \rightarrow FeCl_2 + HCl + S.$$

জারণ সংখ্যার হিসাবে

জারণ সংখ্যা হ্রাস $= -1$

$$\overset{+3}{Fe}Cl_3 + H_2\overset{-2}{S} \longrightarrow \overset{+2}{Fe}Cl_2 + HCl + \overset{0}{S}$$

জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি $= +2$

অতএব জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান করিতে $FeCl_3$কে 2 দ্বারা গুণ করিয়া

মোট জারণ সংখ্যা হ্রাস $= -2$

$$2 \times \overset{+3}{Fe}Cl_3 + H_2\overset{-2}{S} = 2 \times \overset{+2}{Fe}Cl_2 + 2 \times HCl + \overset{0}{S}$$

মোট জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি $= +2$

চূড়ান্ত সমীকরণ ঃ

$$2\,FeCl_3 + H_2S = 2\,FeCl_2 + 2\,HCl + S.$$

● জিংকের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঃ

[উ. মা. শি. স.—আদর্শ প্রশ্ন]

$$Zn + HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

বামদিকে H-এর পরমাণু সংখ্যা 1 ও ডানদিকে 2 ; বামদিকের HClকে 2 দ্বারা গুণ করিয়া

$$Zn + 2 \times HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

জারণ সংখ্যার হিসাবে—

জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি $= +2$

$$\overset{0}{Zn} + 2\overset{+1}{H}Cl \rightarrow \overset{+2}{Zn}Cl_2 + \overset{0}{H_2}$$

মোট জারণ সংখ্যার হ্রাস $= -2$

জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান থাকাতে, পূর্বোক্ত সমীকরণই চূড়ান্ত। অর্থাৎ, সমীকরণ—

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

● পটাশিয়াম ব্রোমাইডের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঃ [Jt. Entr. 1979]

$$KBr+H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4+Br_2+SO_2+H_2O.$$

সমীকরণের বামদিকে Br-এর পরমাণু সংখ্যা 1 এবং ডানদিকে 2 ; বামদিকে KBrকে, 2 দিয়া গুণ করিয়া

$$2\,KBr+H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4+Br_2+SO_2+H_2O.$$

এই বিক্রিয়ায় 2টি K পরমাণুকে লবণে পরিণত করিতে 1 অণু H_2SO_4 লাগে

$$2KBr+\underset{\text{লবণ উৎপাদক}}{H_2SO_4}+H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4+Br_2+SO_2+2H_2O.$$

জারণ সংখ্যার হিসাবে—

মোট জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি = +2

$$2K\overset{-1}{Br}+H_2SO_4+H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightarrow K_2SO_4+\overset{0}{Br_2}+\overset{+4}{S}O_2+H_2O.$$

মোট জারণ সংখ্যা হ্রাস = −2

জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান আছে ; অতএব পূর্বোক্ত সমীকরণটিই চূড়ান্ত।

$$2KBr+2H_2SO_4=K_2SO_4+Br_2+SO_2+2H_2O.$$

● পটাশিয়াম পার্মাংগানেটের সহিত গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়া ঃ (Jt. Entr. 1979)

$$KMnO_4+HCl \longrightarrow KCl+MnCl_2+Cl_2+H_2O.$$

সমীকরণের বামদিকে Cl-এর পরমাণু সংখ্যা 1 এবং ডানদিকে 2 ; অতএব বামদিকের HCl অণুকে 2 দিয়া গুণ করিয়া

$$KMnO_4+2HCl \longrightarrow KCl+MnCl_2+Cl_2+H_2O.$$

এই বিক্রিয়ায় প্রতি K পরমাণু 1 অণু KCl, ও প্রতি Mn পরমাণু 1 অণু $MnCl_2$ করিতে 2 অণু HCl অর্থাৎ মোট (1+2) বা 3 অণু HCl (লবণ উৎপাদক) লাগে

$$KMnO_4+3HCl+2HCl \rightarrow KCl+MnCl_2+Cl_2+H_2O.$$

জারণ সংখ্যার হিসাবে

মোট জারণ সংখ্যার হ্রাস = −5

$$K\overset{+7}{Mn}O_4+3\,HCl+2\,H\overset{-1}{Cl} \rightarrow KCl+\overset{+2}{Mn}Cl_2+\overset{0}{Cl_2}+H_2O$$

মোট জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি = +2

অতএব $KMnO_4$ অংশকে 2 দ্বারা গুণ ও HCl অংশকে 5 দ্বারা গুণ করিয়া

মোট জারণ সংখ্যা হ্রাস = −10

$$2\times K\overset{+7}{Mn}O_4+2\times 3HCl+5\times 2H\overset{-1}{Cl}$$
$$=2KCl+2\overset{+2}{Mn}Cl+5\overset{0}{Cl_2}+8H_2O$$

মোট জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি = +10

জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান হইয়া, পূর্বোক্ত সমীকরণটিই চূড়ান্ত। অর্থাৎ,
$2\ KMnO_4+16\ HCl=2\ KCl+2\ MnCl_2+5\ Cl_2+8\ H_2O.$

● **অম্লীকৃত পটাশিয়াম পার্মাংগানেটের সহিত ফেরাস সালফেট দ্রবণের বিক্রিয়া :** **(Jt. Entr. 1978)**

$$KMnO_4+FeSO_4+H_2SO_4\rightarrow K_2SO_4+MnSO_4+Fe_2(SO_4)_3+H_2O$$

সমীকরণের বামদিকে Fe পরমাণু 1, এবং ডানদিকে Fe পরমাণু 2; এবং বামদিকে K পরমাণু 1 ও ডানদিকে K পরমাণু 2, অতএব বামদিকের $FeSO_4$ এবং $KMnO_4$ কে 2 দিয়া গুণ করিয়া

$$2KMnO_4+2\ FeSO_4+H_2SO_4\rightarrow K_2SO_4+2\ MnSO_4+Fe_2(SO_4)_3+H_2O.$$

এই বিক্রিয়ায় 2টি K পরমাণু K_2SO_4 হইতে 1 অণু H_2SO_4 লাগে, 2টি Mn পরমাণু $MnSO_4$ হইতে 2 অণু H_2SO_4 লাগে এবং 2টি Fe পরমাণু, $Fe_2(SO_4)_3$ হইতে 1 অণু H_2SO_4 লাগে ; অর্থাৎ লবণ উৎপাদকরূপে 4 অণু H_2SO_4 লাগে।

$$2KMnO_4+2FeSO_4+\underset{\text{লবণ উৎপাদক}}{4H_2SO_4}\rightarrow K_2SO_4+2MnSO_4+Fe_2(SO_4)_3+3\ H_2O$$

জারণ সংখ্যার হিসাবে

মোট জারণ সংখ্যা হ্রাস = −10

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4+2\overset{+2}{Fe}SO_4+4H_2SO_4\rightarrow K_2SO_4+2\overset{+2}{Mn}SO_4+\overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3+4H_2O$$

মোট জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি = +2

অতএব $FeSO_4$ অংশকে 5 দ্বারা গুণ করিয়া,

মোট জারণ সংখ্যা হ্রাস = −10

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4+5\times 2\overset{+2}{Fe}SO_4+2\times 4H_2SO_4$$
$$=K_2SO_4+2\overset{+2}{Mn}SO_4+5\times\overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3+2\times 4\ H_2O$$

মোট জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি = +10

জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান হইয়া পূর্বোক্ত সমীকরণটিই চূড়ান্ত। অর্থাৎ,

$$2KMnO_4+10FeSO_4+8H_2SO_4$$
$$=K_2SO_4+2MnSO_4+5Fe_2(SO_4)_3+8H_2O.$$

● **অম্লীকৃত পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের সহিত H_2S এর বিক্রিয়া :**

$$H_2S+H_2SO_4+K_2Cr_2O_7 \rightarrow K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+S+H_2O$$

এই সমীকরণে বাম ও ডানদিকে জারিত ও বিজারিত পরমাণুগুলি সমান আছে। একটি K_2SO_4 ও একটি $Cr_2(SO_4)_3$ উৎপন্ন করিতে লবণ উৎপাদকরূপে 4 অণু H_2SO_4 লাগিবে।

জারণ সংখ্যার হিসাবে—

$$H_2\overset{-2}{S}+\underset{\text{লবণ উৎপাদক}}{4H_2SO_4}+K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7 \rightarrow K_2SO_4+\overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3+\overset{0}{S}+H_2O$$

H_2S এর ক্ষেত্রে জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি $=+2$

$K_2Cr_2O_7$ এর ক্ষেত্রে Cr এর মোট জারণ সংখ্যার হ্রাস $=-(2\times6-2\times3)$
$=-6.$

জারণ সংখ্যা ও বিজারণ সংখ্যা সমান করিতে হইলে, H_2Sকে 3 দ্বারা গুণ করা প্রয়োজন—

$$3\times H_2S+4\,H_2SO_4+K_2Cr_2O_7$$
$$=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+3S+H_2O.$$

এই সমীকরণে জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান বলিয়া এই সমীকরণটিই চূড়ান্ত।

তাড়িত বিভব পর্যায় বা তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়
(Electropotential Series or Electrochemical Series)

রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যে প্রতিস্থাপন শ্রেণীর বিক্রিয়াতে দেখা যায়—একটি ধাতব লবণের সহিত অপর একটি ধাতু অনেক ক্ষেত্রেই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করে। যথা—

$$Fe+CuSO_4=FeSO_4+Cu$$
$$Zn+2AgNO_3=Zn(NO_3)_2+2Ag$$

কিন্তু, ইহার বিপরীত বিক্রিয়াগুলি ঘটে না।

$$Cu+FeSO_4 \neq CuSO_4+Fe$$
$$2Ag+Zn(NO_3)_2 \neq 2AgNO_3+Zn$$

অর্থাৎ, প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াটি ঘটিবে কি না, তাহা প্রতিস্থাপক ও প্রতিস্থাপিতব্য ধাতুটির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

প্রতিস্থাপন ঘটে, এমন একটি বিক্রিয়ার কথা ধরা যাক্—

$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu.$$

এই বিক্রিয়াটি বস্তুত জারণ-বিজারণ ; কারণ বিক্রিয়াটির ফল

$Fe \rightarrow FeSO_4 : Fe^0 \rightarrow Fe^{++} : Fe^0 - 2e \rightarrow Fe^{++}$ [জারণ]

এবং $CuSO_4 \rightarrow Cu : Cu^{++} \rightarrow Cu^0 : Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu^0$ [বিজারণ]

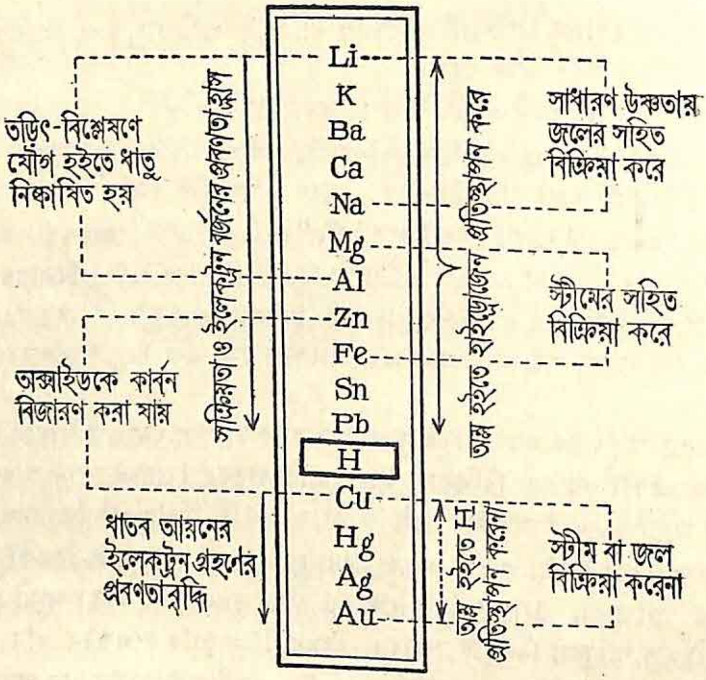
অর্থাৎ ইলেকট্রন দান ও গ্রহণের মাধ্যমেই, Fe জারিত ও Cu^{++} বিজারিত হয়। বিপরীত বিক্রিয়াটি ঘটে না, কারণ Cu ইলেকট্রন দান এবং Fe^{++} ইলেকট্রন গ্রহণে সক্ষম নয়।

সাধারণভাবে যদিও সকল ধাতুই মূলত ইলেকট্রন ছাড়িয়া ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয়, কিন্তু একটি বিশেষ বিক্রিয়ার মধ্যে প্রতি ধাতুরই ইলেকট্রন দান করিবার বা উহাদের আয়নগুলির ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার একটি নিজস্ব প্রবণতা দেখা যায়। ধাতুগুলিকে একত্রে তুলনা করিলে আরো দেখা যায় যে, যে ধাতুগুলি ইলেকট্রন দান করার প্রবণতাসম্পন্ন, উহাদের ঐ প্রবণতারও একটি তুলনামূলক মাত্রা আছে। এই মাত্রা, পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। যেমন, K ধাতুটির ইলেকট্রন দান করার করার প্রবণতা ($K \rightarrow K^+ + e$) সর্বাধিক। Ca ধাতুটিও ইলেকট্রন দান করে, কিন্তু K ধাতুর তুলনায়, এই প্রবণতা কিছু কম। এইভাবে ধাতুগুলিকে পরপর ইলেকট্রন দানের প্রবণতা হ্রাস অনুযায়ী একটি ক্রমপর্যায়ে সাজানো যায়।

আবার, যে ধাতুগুলির ইলেকট্রন দানের পরিবর্তে, উহাদের আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা দেখা যায়, তাহাদের মধ্যে Cu আয়নের (Cu^{++}) ইলেকট্রন গ্রহণ প্রবণতা সবচেয়ে কম, উহাপেক্ষা Hg আয়নের (Hg^{++}) ঐ প্রবণতা বেশী এবং Hg অপেক্ষাও Au এর আয়নের (Au^{+++}) ঐ প্রবণতা আরো বেশী। এই জাতীয় ধাতুগুলিকেও পূর্বের ন্যায় ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা বৃদ্ধি অনুযায়ী ক্রমপর্যায়ে সজ্জিত করা যায়।

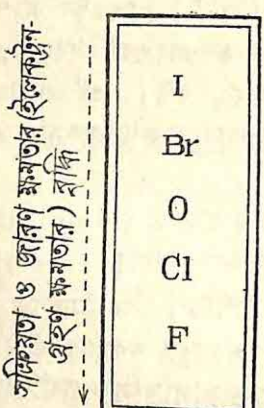
সমস্ত ধাতুগুলিকে একত্র বিচার করিয়া ইলেকট্রন দানের প্রবণতা হ্রাস এবং পরে ধাতব আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা বৃদ্ধি অনুযায়ী সজ্জিত করিয়া, যে সম্পূর্ণ তালিকাটি পাওয়া যায়, ঐ তালিকাকে **তাড়িত বিভব পর্যায়** (electropotential series) বলা হয়। তাড়িত বিভব পর্যায়ে বিশেষ অংশে ধাতুর অবস্থান, উহার রাসায়নিক প্রকৃতিরও সূচক বলিয়া—ঐ পর্যায়কে **তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ও** (electrochemical series) বলা হয়। প্রধান কয়েকটি ধাতু ও তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে উহাদের ক্রমাবস্থান, চিত্র 9.2-তে প্রদর্শিত হইয়াছে।

তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে H-কে তালিকার প্রায় মধ্যস্থলে অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। H পরমাণুর (ধাতুর ন্যায়) ইলেকট্রন দান করিয়া H^+ আয়ন ও বিপরীত ক্রমে H^+ আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণ করার ক্ষমতা—উভয় প্রবণতাই সমভাবে বর্তমান।



ধাতু সমূহের
তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়

চিত্র নং 9.2



অধাতুর
তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়

চিত্র নং 9.3

$$H = H^{+} + e$$
$$H^{+} + e = H$$

এই কারণেই হাইড্রোজেন মৌলের মোট ইলেকট্রন দান বা গ্রহণের প্রবণতা 'শূন্য' ধরা যায়। ইহার আপেক্ষিকে হাইড্রোজেনের উপরিস্থ ধাতু মৌলগুলির ইলেকট্রন ছাড়ার প্রবণতা উর্ধ্বদিকে ক্রমশঃই বাড়িয়াছে। অপরদিকে, হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে হাইড্রোজেনের নিম্নস্থ ধাতু মৌলগুলির আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা ক্রমপর্যায়ে নিম্নের দিকে বাড়িয়াছে।

অধাতু মৌলগুলি মূলত ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হয়। অধাতু মৌলগুলিরও ইলেকট্রন গ্রহণের বর্ধিত প্রবণতা অনুযায়ী, উহাদেরও একটি তাড়িত বিভব পর্যায়ে বিন্যাস করা চলে ; এই তালিকাটি—চিত্র 9.3 'তে প্রদর্শিত হইয়াছে।

ধাতুর পর্যায়ে যেমন প্রথম মৌল K-এর ইলেকট্রন দানের প্রবণতা সর্বাধিক, তেমনই অধাতু পর্যায়ে শেষ মৌল F এর ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা ($F+e \rightarrow F^-$) সর্বাধিক।

তাড়িত রাসায়নিক পর্যায় বিন্যাসের উপযোগিতা
(Usefulness of Electrochemical series)

তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে, একটি ধাতুর (বা অধাতুর) অবস্থান হইতে উহার প্রকৃতি ও বিক্রিয়ার স্বরূপ সম্বন্ধে অনেক মূল্যবান তথ্য জানা যায়।

তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে, হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে—

● ঊর্ধ্বস্থ ধাতুগুলি বিজারক এবং উহাদের বিজারণ ধর্মের তীব্রতা ধাতুগুলির বিন্যাসের ক্রমনিম্নতা অনুসারে হ্রাস পাইতে থাকে।

অর্থাৎ, K, Ca, Na তীব্র বিজারক ; Mg এবং Al বিজারক, কিন্তু K—Ca—Na এর তুলনায় কম বিজারক ইত্যাদি। এই ধর্মের ক্রমানুসারে—তালিকার শীর্ষদেশের ধাতুগুলি তীব্র বিজারক বলিয়া, উহাদের অক্সাইডগুলিকে কার্বন-বিজারণ করিয়া, ধাতুগুলিকে নিষ্কাষণ করা যায় না। এইজন্য, K, Na, Ca, Mg, Al প্রভৃতির নিষ্কাষণে তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতি অবলম্বিত হয়। কিন্তু, তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে, Fe হইতে নীচের দিকে ধাতুগুলির বিজারক ধর্ম, তুলনায় অনেক কম বলিয়া, ইহাদের অক্সাইডগুলিকে কার্বন-বিজারণে ধাতুতে পরিণত করা যায়।

● H-এর নিম্নস্থ ধাতুগুলির ধাতব আয়নগুলি জারক এবং ধাতুগুলির অবস্থানের ক্রমনিম্নতা অনুসারে ধাতব আয়নগুলির জারণধর্ম বৃদ্ধি পাইতে থাকে। উদাহরণ-স্বরূপ, Cu^{++} আয়ন জারক, Hg^{++} আয়ন জারক, এবং তুলনায় Hg^{++} আয়ন Cu^{++} আয়ন অপেক্ষা তীব্রতর জারক

$$2Cu^{++}+4I^- \rightarrow 2CuI+I_2$$
$$2Hg^{++}+Sn^{++}=2Hg^{+}+Sn^{++++}$$

● ঊর্ধ্বস্থ ধাতুগুলি সক্রিয় (active) এবং প্রকৃতিতে সর্বদাই যৌগাবস্থায় থাকে। নিম্নস্থ ধাতুগুলি অপেক্ষাকৃত কম সক্রিয় ও প্রকৃতিতে ইহাদের মুক্তাবস্থায় অবস্থিতিও লক্ষ্য করা যায়।

● **ঊর্ধ্বস্থ ধাতুগুলি (Li হইতে Sn পর্যন্ত) অম্ল হইতে হাইড্রোজেনকে বিমুক্ত করে ; নিম্নস্থ ধাতুগুলি অম্ল হইতে হাইড্রোজেনকে বিমুক্ত করিতে পারে না।**

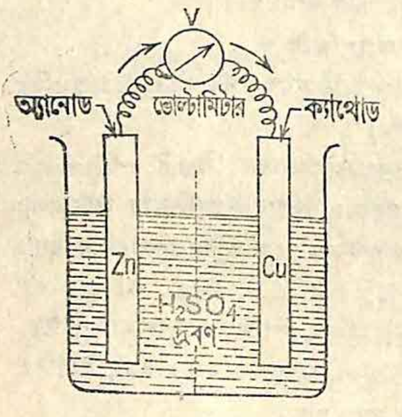
● ঊর্ধ্বস্থ ধাতুগুলি, Li হইতে Na পর্যন্ত—ক্রমনিম্ন সক্রিয়তায়, জলকে সাধারণ উষ্ণতায় বিযুক্ত করিয়া হাইড্রোজেন দেয় ; নিম্নবর্তী ধাতুগুলি, Mg হইতে Fe পর্যন্ত স্টীমকে বিযুক্ত করিয়া হাইড্রোজেন দেয়। Fe এর পর হইতে ধাতুগুলির জলের সহিত বিক্রিয়া নাই।

● **উর্ধ্বস্থ ধাতুগুলি, নিম্নস্থ ধাতুগুলির লবণ হইতে, নিম্নস্থ ধাতুকে বিমুক্ত করে।** Fe উর্ধ্বস্থ মৌল এবং Cu নিম্নস্থ মৌল বলিয়া, Fe, $CuSO_4$ লবণ হইতে Cu-কে বিমুক্ত করে।

$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu.$$

কিন্তু Cu নিম্নস্থ মৌল বলিয়া উর্ধ্বস্থ মৌল Fe-এর লবণ হইতে, Fe-কে বিমুক্ত করিতে পারে না।

$$Cu + FeSO_4 \neq CuSO_4 + Fe.$$



চিত্র নং 9·4

● একটি পাত্রে উর্ধ্বস্থ মৌলের ধাতুগুলিকে (যেমন, Zn) একটি দ্রবণে রাখিয়া এবং অপর একটি পাত্রে (বা একই পাত্রে) নিম্নস্থ মৌলের ধাতুদণ্ডকে (যেমন, Cu) রাখিয়া, উভয় দণ্ডকে তার দ্বারা যুক্ত করিলে, ধাতু দুইটির বিভব পার্থক্যের জন্য একটি তড়িৎ প্রবাহ, (উর্ধ্বস্থ ধাতুর দিক হইতে নিম্নস্থ ধাতুর দিকে) চলাচল করে। তাড়িত বিভব পর্যায়ে, ধাতু দুইটির অবস্থিতি পার্থক্য যত বেশী হয়, উৎপন্ন বিভব তত বেশী হয়। এই তথ্যটিকেই কার্যে প্রয়োগ করিয়া ইলেকট্রিক ব্যাটারী প্রস্তুত করা হয়।

প্রশ্নাবলী

1. রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে মূলতঃ যে কয়টি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয় উহার প্রতিটি শ্রেণীর একটি করিয়া উদাহরণযোগে বিবৃত কর।

2. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোনটি কোন শ্রেণীর রাসায়নিক বিক্রিয়া :

$PCl_5 = PCl_3 + Cl_2$

$SnO_2 + 2KOH = K_2SnO_3 + H_2O$

$SnCl_2 + 2HgCl_2 = SnCl_4 + Hg_2Cl_2$

$Hg_2Cl_2 + SnCl_2 = 2Hg + SnCl_4$

$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

$Pb(NO_3)_2 + 2NaCl = PbCl_2 + 2NaNO_3$

$Mg_3N_2 + 6H_2O = 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$

$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$

$Al_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 = 2AlCl_3 + 3BaSO_4$

$2AgNO_3 + Zn = Zn(NO_3)_2 + 2Ag$

$C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2$

$3NaF + AlF_3 = Na_3[AlF_6]$

$3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 = Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2O$

3. সংজ্ঞা লিখঃ জারণ ও বিজারণ। কি কি লক্ষণ হইতে কোনো বিক্রিয়ায় জারণ-বিজারণ ঘটিয়াছে বলা যায় ?

4. জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ার একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

'জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া একত্রে ঘটে'—উক্তিটির যাথার্থ্য উদাহরণযোগে আলোচনা কর।

(Jt. Entr. Tch. 1979) (উচ্চ মাধ্যমিক 1978)

5. কয়েকটি প্রচলিত জারক ও বিজারক পদার্থের উদাহরণ দাও। জারক ও বিজারক পদার্থের কয়েকটি নিরীক্ষা বর্ণনা কর।

6. জারণ ও বিজারণ প্রক্রিয়ার ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা, উপযুক্ত উদাহরণযোগে আলোচনা কর।

[উচ্চ মাধ্যমিক 1978]

7. 'জারণ সংখ্যা' কাহাকে বলে ? 'জারণ সংখ্যা পদ্ধতি' যোগে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর—

$HgCl_2 + SnCl_2 \rightarrow Hg_2Cl_2 + SnCl_4.$

$CuSO_4 + KI \rightarrow CuI + K_2SO_4 + I_2.$

$P + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3PO_4 + NO + NO_2.$

$Zn + HNO_3$ (শীতল ও লঘু) $\rightarrow Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O.$

$H_2S + HNO_3 \rightarrow S + H_2O + NO.$

$KMnO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + O_2.$

$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O.$

(Jt. Entr. 1978 ; Jt. Entr. Tch. '79)

$C + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O$ (Jt. Ent. Tch. '79)

$KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$

(Jt. Entr. 1978)

8. (a) টীকা লিখঃ 'তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়'। তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ের উপযোগিতা আলোচনা কর।

(b) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন কোনটি সম্ভাব্য, ব্যাখ্যা কর।

$2Al + 3Zn(NO_3)_2 = 2Al(NO_3)_3 + 3Zn$

$3Ag + AlCl_3 = 3AgCl + Al$

$Cu + MnSO_4 = CuSO_4 + Mn$

$Mg + CuSO_4 = MgSO_4 + Cu$

$Br_2 + 2KF = 2KBr + F_2$

$Cl_2 + 2KBr = 2KCl + Br_2$

(c) তড়িৎ ধনাত্মকতা অনুযায়ী মৌলগুলিকে সজ্জিত কর—Zn, Na, K Al, Pb, Hg, Cu.

(I. I. T. 1970)

9. নিম্নলিখিত বিষয়গুলি ব্যাখ্যা কর—

(i) ক্লোরিন, ব্রোমাইড লবণ হইতে ব্রোমিনকে এবং আয়োডাইড লবণ হইতে আয়োডিনকে প্রতিস্থাপিত করে। ব্রোমিন, ক্লোরাইড লবণ হইতে ক্লোরিনকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না, কিন্তু আয়োডাইড লবণ হইতে আয়োডিনকে প্রতিস্থাপন করে। আয়োডিন, ক্লোরাইড লবণ হইতে ক্লোরিন বা ব্রোমাইড লবণ হইতে ব্রোমিনকে প্রতিস্থাপন করিতে পারে না।

(ii) ধাতব স্বর্ণের খনি দেখা যায়, কিন্তু লৌহ খনিতে লৌহের আকরিক পাওয়া যায়।

(iii) Na, K, Ca প্রভৃতি ধাতুকে নিষ্কাষিত করিতে হইলে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাষণ করা যায় না।

(iv) $SnCl_2$, মার্কিউরিক ক্লোরাইডকে বিজারিত করে, কিন্তু কিউপ্রিক ক্লোরাইডকে বিজারণ করে না।

(v) Zn এবং Cu ধাতুদণ্ডকে একটি অ্যাসিড দ্রবণে নিমজ্জিত করিয়া ধাতুদণ্ড দুইটিকে তারদ্বারা যোগ করিয়া যে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় তাহার পরিমাণ বেশী ; কিন্তু Sn এবং Pb ধাতুদণ্ডকে অনুরূপ-ভাবে দ্রবণে নিমজ্জিত করিয়া তারদ্বারা যোগ করিলে যে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় তাহার পরিমাণ কম।

10. নিম্নের বিক্রিয়াগুলিতে কোন বিক্রিয়কগুলি জারিত ও কোনগুলি বিজারিত হইয়াছে, ব্যাখ্যা কর—

(i) $NaH+H_2O=NaOH+H_2$

(ii) $2FeCl_3+H_2O=2FeCl_2+S+2HCl$

(iii) $3Mg+N_2=Mg_3N_2$

(iv) $AgCN+CN^-=[Ag(CN)_2]^-$

(v) $3Na_2O_2+Cr_2O_3=2Na_2CrO_4+Na_2O$

(vi) $H_2O_2+Ag_2O=H_2O+O_2+2Ag$ (I. I. T. 1970)

11. (a) নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে ক্লোরিনের জারণ সংখ্যা নিরূপণ কর :
$NaCl$, $NaClO$, $NaClO_2$, $NaClO_3$, $NaClO_4$।

(b) নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে ম্যাংগানিজের জারণ সংখ্যা নিরূপণ কর :—
Na_2MnO_4, MnO_2, $NaMnO_4$, Mn_3O_4, Mn_2O_7।

(c) নিম্নলিখিত রেখাংকিত মৌলগুলির জারণ সংখ্যা নিরূপণ কর :—
$H_2\underline{O}$, $H_2\underline{O}_2$, $Ca\underline{H}_2$, $P\underline{H}_3$, $Sb\underline{H}_3$, $K_2\underline{Cr}_2O_7$।

(d) $KMnO_4$ যৌগে Mn এর, এবং C_2H_4 যোগে C-এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

[উচ্চ মাধ্যমিক 1978]

12. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলিতে রেখাংকিত মৌলের জারণ সংখ্যা (ঋণাত্মক বা ধনাত্মক চিহ্ন সহ) নির্ণয় কর :

(i) $8\,K\underline{Cl}O_3+24\ HCl=8\,KCl+12\,H_2O+9\,\underline{Cl_2}+6\,ClO_2$

(ii) $3\,\underline{I_2}+6\ NaOH=NaIO_3+5Na\underline{I}+3H_2O$ (I. I. T.—1979)

13. (a) 'জারক ও বিজারক পদার্থের তুল্যাংকভার' বলিতে কি বুঝায় ? উদাহরণ দাও।

(b) নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি হইতে $Na_2S_2O_3$, $5H_2O$ এবং $KBrO_3$ এর তুল্যাংকভার নির্ণয় কর—

(i) $2S_2O_3^{--}+I_2=S_4O_6^{--}+2I^-$

(ii) $BrO_3^-+6H^++6e^-=Br^-+3H_2O$ (I. I. T. 1979)

14. নিম্নের সমীকরণ হইতে ইলেকট্রনীয় বিচারে কোনটি জারক ও কোনটি বিজারক বল।

(উচ্চ মাধ্যমিক 1979)

(i) $Cl_2+2I^-=2Cl^-+I_2$

(ii) $SnCl_2+2HgCl_2=Hg_2Cl_2+SnCl_4$

(iii) $2FeCl_3+2KI=2FeCl_2+2KCl+I_2$

(iv) $2MnO_4^-+3Mn^{++}+2H_2O=5MnO_2+4H^+$

15. (a) নিম্নের বিক্রিয়াগুলিতে কোন্ বিক্রিয়ক জারিত এবং কোন্ বিক্রিয়ক বিজারিত হইয়াছে ব্যাখ্যা কর :—

(i) $PCl_3+Cl_2=PCl_5$

(ii) $KIO_3+5KI+6HCl=3I_2+6KCl+3H_2O$

(iii) $2CuSO_4+SO_4+2KBr+2H_2O=2CuBr+2H_2SO_4+K_2SO_4$

(iv) $C_2H_4+Br_2=C_2H_4Br_2$

(v) $Si+2KOH+H_2O=K_2SiO_3+2H_2$ [I. I. T. '71]

16. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর ও কোন্‌টি কোন্ শ্রেণীর রাসায়নিক বিক্রিয়া নির্দেশ কর :

(i) $KCl+MnO_2+H_2SO_4=KHSO_4+\cdots+\ldots$

(ii) $AlCl_3+NaOH=NaAlO_2+\ldots$

(iii) $NH_4OH+H_2SO_4=\ldots+\ldots$

(iv) $Ag+KCN+O_2+\ldots\ldots=K[Ag(CN)_2]+\cdots$

(v) $H_2O_2+KI+H_2SO_4=K_2SO_4+I_2+\ldots\ldots$

(vi) $[Ag(NH_3)_2]Cl+HNO_3=AgCl+\ldots\cdots$ [I. I. T. '72]

(vii) $MnO_2+HCl=H_2O+MnCl_2+Cl_2$

(viii) $CO+Fe_3O_4=FeO+CO_2$

দশম অধ্যায়	রাসায়নিক সাম্য ও ভরক্রিয়া সূত্র
	একমুখী ও উভমুখী বিক্রিয়া—রাসায়নিক সাম্য ও চলমান সাম্যাবস্থা—ভরক্রিয়া সূত্র ও সাম্যধ্রুবক—সাম্যধ্রুবকের গণনা—সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ও লে শাটেলিয়রের নীতি—শিল্প-প্রযুক্তিতে ব্যবহৃত কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়া ও লে শাটেলিয়রের নীতি।

সাধারণভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে দুইটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়: (1) একমুখী বিক্রিয়া, (2) উভমুখী বিক্রিয়া।

1. **একমুখী বিক্রিয়া** (Irreversible reaction) **:** এই বিক্রিয়াগুলিতে নির্দিষ্ট বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থগুলি, বিক্রিয়ার ফলে নির্দিষ্ট বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থগুলিতে পরিণত হয় ; কিন্তু এইভাবে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থগুলির কোনো বিক্রিয়ার ফলেই পূর্বোক্ত বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থগুলিতে আর রূপান্তর ঘটে না। এই বিক্রিয়াগুলি সাধারণত সম্পূর্ণ হয়, অর্থাৎ বিক্রিয়া শেষে বিক্রিয়ক পদার্থ আর অবশিষ্ট থাকে না—উহা সম্পূর্ণই বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থে পরিণত হয়।

উদাহরণ : $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$

$$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu.$$

প্রথম বিক্রিয়াটিতে, পটাশিয়াম ক্লোরেট উত্তাপের ফলে সম্পূর্ণরূপে পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। কিন্তু পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন সংযোজিত হইয়া, বিপরীত বিক্রিয়ায়, পটাশিয়াম ক্লোরেট উৎপন্ন করে না।

দ্বিতীয় বিক্রিয়াটিতে, Zn ধাতু কপার সালফেট হইতে Cu ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিয়া, জিংক সালফেট ও Cu ধাতু উৎপন্ন করে ; কিন্তু Cu ধাতু ও জিংক সালফেট বিক্রিয়ায় বিপরীতভাবে Zn ধাতু ও কপার সালফেট উৎপন্ন করে না।

2. **উভমুখী বিক্রিয়া** (Reversible reaction) **:** এই বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থগুলি বিক্রিয়ার ফলে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থগুলি উৎপন্ন করে ; আবার একই পরীক্ষাধীন অবস্থায়, বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থগুলিও বিক্রিয়ায় আদি বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থগুলি উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াগুলি সর্বদাই অসম্পূর্ণ হয়, অর্থাৎ আদি বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থগুলি সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থগুলিতে রূপান্তরিত হয় না এবং পরীক্ষার ফলে দেখা যায় বিক্রিয়া শেষে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ সকল পদার্থগুলিই কমবেশী মাত্রায় একত্রে বিরাজ করে।*

যদি A ও B দুইটি বিক্রিয়ক পদার্থ এবং C ও D উহাদের বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ হয়, তাহা হইলে উপরোক্ত আলোচনা অনুসারে নিম্নলিখিত সম্ভাব্য বিক্রিয়া ঘটে ;

$$A + B \rightarrow C + D$$
$$C + D \rightarrow A + B$$

* বস্তুতপক্ষে, সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী বিক্রিয়া। যে বিক্রিয়াগুলি একমুখী বিক্রিয়া বলিয়া প্রতীত হয়, উহাদের বিপরীত বিক্রিয়ার মাত্রা এত অল্প যে উহাকে তুচ্ছ বলিয়া গণ্য করা যায়।

সাধারণত এই জাতীয় উভমুখী বিক্রিয়াকে একটি '$\rightleftharpoons$' চিহ্ন দ্বারা সূচিত করা হয় ; যথা ;

$$A+B \rightleftharpoons C+D$$

উদাহরণ :

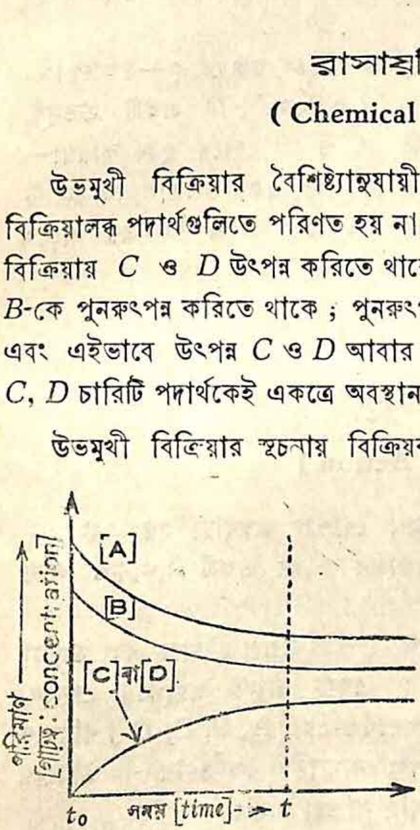
$$H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$$
$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$$
$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$
$$2C+O_2 \rightleftharpoons 2CO$$

রাসায়নিক সাম্য

(Chemical Equilibrium)

উভমুখী বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্যানুযায়ী বিক্রিয়ক পদার্থগুলি কখনই সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলিতে পরিণত হয় না। উপরোক্ত উদাহরণের A এবং B যখনই বিক্রিয়ায় C ও D উৎপন্ন করিতে থাকে, C ও D বিপরীত বিক্রিয়ায় আবার A ও B-কে পুনরুৎপন্ন করিতে থাকে ; পুনরুৎপন্ন A ও B আবার C ও D-তে পরিণত হয় এবং এইভাবে উৎপন্ন C ও D আবার A ও B-তে পরিণত হয়। সুতরাং A, B, C, D চারিটি পদার্থকেই একত্রে অবস্থান করিতে দেখা যায়।

উভমুখী বিক্রিয়ার সূচনায় বিক্রিয়ক পদার্থগুলি লইয়া শুরু করিলে দেখা যায়, সময়ের সহিত A ও B-র পরিমাণ হ্রাস পাইতেছে (কারণ, উহারা C ও D-তে পরিণত হইতেছে) এবং C ও D-র উৎপন্ন পরিমাণ বৃদ্ধি পাইতেছে। এক সময়ে দেখা যায়, A ও B-র পরিমাণ আর হ্রাস পাইতেছে না এবং C ও D-এর উৎপন্ন পরিমাণও আর বৃদ্ধি পাইতেছে না। এই অবস্থাটিকে, **রাসায়নিক সাম্যাবস্থা** (Chemical equilibrium) বলা হয়। এই সাম্যাবস্থায় যে হারে A ও B, C ও D-তে রূপান্তরিত হয়, একই হারে C ও D আবার A ও B-তে রূপান্তরিত হয়।



চিত্র নং 10·1

সময়ের সহিত বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের এই পরিমাণ হ্রাস ও বৃদ্ধি এবং কিছু সময়ের পরে বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থাকে একটি লেখচিত্র যোগে প্রকাশ করা যায় (চিত্র নং 10·1)।

রাসায়নিক সাম্যাবস্থায়,

● বিক্রিয়া স্থগিত হয় না। বিক্রিয়া উভমুখী গতিতে অবিরত গতিতে চলিতে থাকে ; অর্থাৎ একটি **চলমানরূপে সাম্যাবস্থা** (Dynamic equilibrium) সৃষ্টি করে।

● সাম্যাবস্থার আগে, সম্মুখ ও বিপরীত বিক্রিয়ার হার ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পায় ও সাম্যাবস্থায় উভয়দিকে বিক্রিয়ার হার সর্বোচ্চ পর্যায়ে পৌছায়।

● সাম্যাবস্থা একটি স্থায়ী (permanent) অবস্থা ; একমাত্র পরীক্ষা শর্তের (যথা, চাপ, তাপ ইত্যাদির) পরিবর্তন ঘটিলে তবেই সাম্যাবস্থার স্থায়িত্ব অর্থাৎ উপাদানগুলির গাঢ়ত্ব পরিবর্তিত হয়।

● একটি উভমুখী বিক্রিয়া, যে কোনো দিক হইতেই সুরু হোক্—উষ্ণতা স্থির থাকিলে, উহা একই সাম্যাবস্থায় পৌছায়। $A+B \rightleftharpoons C+D$ একটি উভমুখী বিক্রিয়া। একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায়, বিক্রিয়াটি A ও B যোগে সুরু করিয়া—সাম্যাবস্থায়, A, B, C ও D 'এর যে গাঢ়ত্ব পাওয়া যায়, একই উষ্ণতায়, বিক্রিয়াটি C ও D যোগে সুরু করিয়া,—সাম্যাবস্থায়, একই A, B, C ও D 'এর গাঢ়ত্বে উপনীত হয়।

ভরক্রিয়া সূত্র
(Law of Mass Action)

প্রতি বিক্রিয়ারই সাম্যাবস্থা উহার নিজস্ব বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী হয় এবং এই সাম্যাবস্থাটির সহিত আদি বিক্রিয়ক পদার্থগুলির ভরের একটি সম্পর্কও লক্ষ্য করা যায়।

ধরা যাক, আদিতে দুইটি বিক্রিয়ক পদার্থ A ও B লওয়া হইয়াছে এবং উহারা C ও D দুইটি পদার্থ উৎপন্ন করিয়াছে। একটি প্রকৃত পরীক্ষায় কোনো একটি বিশেষ উষ্ণতায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির [A, B, C, D] পরিমাণ [মোল/লিটার (mole/litre) এককে] এবং সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠার পর উহাদের পরিমাণ নির্ণয়ের ফলে নিম্নলিখিত পরীক্ষা ফলগুলি পাওয়া গেল :

পরীক্ষা	পরিমাণ			
	A	B	C	D
1	3·00	2·00	1·00	1·00
2	9·60	10·00	4·00	4·00
3	0·50	3·00	0·50	0·50
4	21·90	1·22	2·11	2·11

এক্ষেত্রে লক্ষ্যণীয় যে আদিতে বিভিন্ন পরিমাণ (মোল/লিটার) A এবং B লওয়া হইলেও, সর্বক্ষেত্রেই উৎপন্ন C এবং D-এর পরিমাণের মোট গুণফলকে A এবং B-র পরিমাণের মোট গুণফলদ্বারা ভাগ করিলে, ভাগফলটি সর্বক্ষেত্রেই একটি ধ্রুবক ; এই ধ্রুবকের পরিমাণ 0·167। এই ধ্রুবকটিকে **সাম্য-ধ্রুবক** (equilibrium constant) বলা হয়।

সাম্য ধ্রুবকের মান, যতক্ষণ উষ্ণতা নিত্য থাকে, ততক্ষণ নিত্য থাকে ; উষ্ণতার পরিবর্তন ঘটিলে সাম্য ধ্রুবকের মানও পরিবর্তিত হয়।

বিভিন্ন বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবক বিভিন্ন। যে-কোন বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক বস্তুতপক্ষে সম্মুখ ও বিপরীত বিক্রিয়ার আপেক্ষিক হারের অনুপাত প্রকাশ করে।

উপরোক্ত বিক্রিয়ায়—

$$\frac{[C].\ [D]}{[A].\ [B]}=0{\cdot}167=K=\text{সাম্যধ্রুবক}$$

ধরা যাক একটি বিক্রিয়া—

$$A+B \rightleftharpoons C+D$$

ইহার সাম্যাবস্থায়, সাম্যধ্রুবক লেখার সময় দক্ষিণদিকের উৎপন্ন পদার্থগুলি সংকেত যোগে লব (numerator) অংশে লেখা হয় এবং উহাদের পরিমাণ মোল/লিটার এককে বুঝাইতে উহাদের সংকেতের সহিত একটি তৃতীয় বন্ধনী [ ] যোগ করা হয় ; অনুরূপভাবে, বিক্রিয়ার বামদিকের উৎপাদক পদার্থগুলি হর (denominator) অংশে সংকেত যোগে লিখিয়া, উহাদেরও পরিমাণ মোল/লিটার এককে বুঝাইতে, উহাদের সংকেতের সহিত একটি তৃতীয় বন্ধনী [ ] যোগ করা হয়। এইভাবে,

$$\frac{[C].\ [D]}{[A].\ [B]}=K$$

যদি কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয়

$$nA+mB-\cdots\cdots \rightleftharpoons pC+qD+\cdots\cdots$$

তাহা হইলে,

$$\frac{[C].^{p}\ [D].^{q}\cdots}{[A].^{n}\ [B].^{m}\cdots}=K \text{ এই ভাবে লেখা হয়।}$$

এক্ষেত্রে n, m, p, q যথাক্রমে A, B, C এবং D-এর মোল সংখ্যা বুঝায়।

অর্থাৎ, সাম্যধ্রুবকের গণনায়, সমীকরণের বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মোলসংখ্যা বা **গুণক**, উহাদের গাঢ়ত্বের **ঘাতে** পরিণত হয়।

● প্রতি বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মোট ভরের সহিত বিক্রিয়ক পদার্থের মোট ভরের যে অনুপাত, উহা সর্বদাই নিত্য (constant)। এই সূত্রটিকেই **"ভরক্রিয়া সূত্র"** (Law of mass action) বলা হয়।

1854 সালে **গুল্ডবার্গ ও ওয়াগা** (Guldberg and Waage) বহু পরীক্ষালব্ধ ফলের ভিত্তিতে নিম্নলিখিতভাবে প্রথম 'ভর ক্রিয়া সূত্র'টি প্রস্তাব করেন :

রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়ক পদার্থগুলির প্রত্যেকটির সক্রিয় ভরের সহিত সমানুপাতিক।

এই প্রস্তাবে 'সক্রিয় ভর' অর্থে—সাম্যাবস্থায় পদার্থের মোলার গাঢ়ত্ব বুঝাইয়াছে।

ভরক্রিয়া সূত্রের গাণিতিক উপস্থাপন :

ধরা যাক্, একটি বিক্রিয়া—$A+B \rightleftharpoons C+D$

সূত্রানুসারে, সম্মুখ বিক্রিয়ার (অর্থাৎ $A+B \rightarrow C+D$) গতি যদি R_1 ধরা যায়, $R_1 \propto [A].[B]$

বা, $R_1 = K_1 [A].[B]$ [K_1 = সমানুপাতিক ধ্রুবক]

বিপরীত বিক্রিয়ার (অর্থাৎ $C+D \rightarrow A+B$) গতি যদি R_2 ধরা যায়,

$R_2 \propto [C].[D]$

বা, $R_2 = K_2 [C].[D]$ [K_2 = সমানুপাতিক ধ্রুবক]

সাম্যাবস্থায়, সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি, R_1 = বিপরীত বিক্রিয়ার গতি, R_2

বা, $K_1 [A].[B] = K_2 [C].[D]$

$$\text{বা,} \quad \frac{[C].[D]}{[A].[B]} = \frac{K_1}{K_2}$$

[K_1, K_2, উভয়েই ধ্রুবক অতএব উহাদের অনুপাতও অবশ্যই একটি নূতন ধ্রুবক। ধরা যাক, এই ধ্রুবক = K]

$$\therefore \frac{[C].[D]}{[A].[B]} = K$$ [K = **সাম্যধ্রুবক**]

ইহাই ভরক্রিয়া সূত্রের গাণিতিক রূপ। এই গাণিতিক রূপ হইতে ইহা স্পষ্ট যে, উভমুখী বিক্রিয়ায়, বিক্রিয়া কখনোই কোনো একটি বিশেষ দিকে সম্পূর্ণ হইতে পারে না ; কারণ, সেক্ষেত্রে [A], [B], [C] ও [D] এক বা একাধিক শূন্য হইয়া যায় এবং সেক্ষেত্রে K-এর মান শূন্য (0) বা অসীম (∞) হয়, যাহা গাণিতিক অর্থে অবাস্তব।

□ সাম্যধ্রুবকের গণনা (Calculation of Equilibrium Constant) :

প্রতি বিক্রিয়ারই নিজস্ব সাম্যধ্রুবক আছে। ইহা ক্ষেত্রবিশেষে চাপ, তাপ এবং বিক্রিয়ক পদার্থ সমূহের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল। সাম্যধ্রুবক K-র মান বিক্রিয়ানুযায়ী অতিক্ষুদ্র বা অতিবৃহৎ হইতে পারে।

যেমন বিক্রিয়া : $A+B \rightleftharpoons C+D$, $K = 1{\cdot}0 \times 10^{-5}$ (অর্থাৎ $K<1$)

ইহা হইতে বুঝা যায়, K'র মান অতি ক্ষুদ্র ; অর্থাৎ বিক্রিয়াটি অতি অল্পই দক্ষিণমুখী হইয়াছে। অর্থাৎ উৎপন্ন C ও D-এর পরিমাণ অতি নগণ্য।

আবার বিক্রিয়া, $A+B \rightleftharpoons C+D$, $K=1\times10^5$ (অর্থাৎ $K>1$)

ইহা হইতে বুঝা যায়, K'র মান অতি বৃহৎ (অর্থাৎ ভরক্রিয়ার গাণিতিক রূপের লব অংশের C ও D-এর পরিমাণ বেশী এবং A ও B-এর পরিমাণ কম ; অর্থাৎ বিক্রিয়াটি প্রায় সম্পূর্ণরূপেই দক্ষিণমুখী হইয়াছে এবং অবশিষ্ট A ও B-এর পরিমাণ নগণ্য।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) কোন একটি পরীক্ষায় 490°C উষ্ণতায়, $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ এই বিক্রিয়াটি হইতে পরিমাপের ফলে দেখা গেল, সাম্যাবস্থায়—

H_2 এর গাঢ়ত্ব = 0·000862 মোল/লিটার

I_2 এর গাঢ়ত্ব = 0·00263 মোল/লিটার

HI এর গাঢ়ত্ব = 0·0102 মোল/লিটার

বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক K, নির্ণয় কর।

ভরক্রিয়া সূত্র হইতে $\frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]}=K$

বা, $K=\frac{(0\cdot0102)^2}{(0\cdot000862).(0\cdot00263)}=45\cdot9.$

(2) কোন একটি পরীক্ষায় একটি পাত্রে 490°C উষ্ণতায়, 2 মোল HI লওয়া হইল। সাম্যাবস্থায়, উৎপন্ন H_2, I_2 ও HI এর গাঢ়ত্ব (মোলে) নির্ণয় কর। $(K=45\cdot9)$

বিক্রিয়াটি, $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI.$

গৃহীত HI এর কিছু অংশ H_2 ও I_2তে বিযোজিত হইবে এবং সাম্যাবস্থায় H_2, I_2 ও HI তিনটি পদার্থ ই বর্তমান থাকিবে।

ধরা যাক HI এর গৃহীত 2 মোলের মধ্যে x মোল বিযোজিত হয়। এখন সমীকরণ অনুসারে প্রতি 2 মোল HI-এর বিযোজনে 1 মোল H_2 এবং 1 মোল I_2 উৎপন্ন হয়।

অতএব x মোল HI বিযোজনের ফলে $\frac{x}{2}$ মোল H_2 ও $\frac{x}{2}$ মোল I_2 উৎপন্ন হইবে।

বিক্রিয়াটির আদি অবস্থায়	বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায়
$[H_2]=0$ মোল/লিটার	$[H_2]=\frac{x}{2}$ মোল/লিটার
$[I_2]=0$ মোল/লিটার	$[I_2]=\frac{x}{2}$ মোল/লিটার
$[HI]=2\cdot00$ মোল/লিটার	$[HI]=(2\cdot000-x)$ মোল/লিটার

সাম্যাবস্থায় ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে,

$$\frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]} = 45{\cdot}9 = \frac{(2{\cdot}000 - x)^2}{(x/_2)(x/_2)}$$

বা, $x = 0{\cdot}456$

অতএব সাম্যাবস্থায়,

H_2 এর পরিমাণ $= [H_2] = \frac{x}{2} = 0{\cdot}228$ মোল/লিটার

I_2 এর পরিমাণ $= [I_2] = \frac{x}{2} = 0{\cdot}228$ মোল/লিটার

HI এর পরিমাণ $= [HI] = 2{\cdot}00 - x = 1{\cdot}544$ মোল/লিটার।

(3) কোন একটি পাত্রে 1 মোল H_2, 2 মোল I_2 এবং 3 মোল HI লওয়া হইল এবং পাত্রটিকে 490°C উত্তপ্ত করা হইল। সাম্যাবস্থায় H_2, I_2 ও HI এর পরিমাণ (মোল/লিটারে) নির্ণয় কর। [$K = 45{\cdot}9$]।

বিক্রিয়াটি : $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$.

ধরা যাক্ গৃহীত হাইড্রোজেনের x মোল বিক্রিয়ায় পরিবর্তিত হয় ; প্রতি 1 মোল H_2, 1 মোল I_2 এর সহিত বিক্রিয়া করে ; অতএব x মোল হাইড্রোজেন বিক্রিয়ায় x মোল I_2 এর সহিত বিক্রিয়া করিবে এবং যেহেতু উৎপন্ন HI এর পরিমাণ সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়াকারী H_2 অংশের দ্বিগুণ মাত্রায় উৎপন্ন হয়—অতএব উৎপন্ন HI এর পরিমাণ হইবে $2x$ মোল।

বিক্রিয়াটির আদি অবস্থায়	বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায়
$[H_2] = 1{\cdot}00$ মোল/লিটার	$[H_2] = (1{\cdot}000 - x)$ মোল/লিটার
$[I_2] = 2{\cdot}00$ মোল/লিটার	$[I_2] = (2{\cdot}000 - x)$ মোল/লিটার
$[HI] = 3{\cdot}00$ মোল/লিটার	$[HI] = (3{\cdot}000 + 2x)$ মোল/লিটার

সাম্যাবস্থায়, ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে,

$$\frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]} = 45{\cdot}9 = \frac{(3{\cdot}00 + 2x)^2}{(1{\cdot}000 - x)(2{\cdot}000 - x)}$$

বা, $x = 0{\cdot}684$

অতএব সাম্যাবস্থায়,

হাইড্রোজেনের পরিমাণ $= [H_2] = 1{\cdot}000 - x = 0{\cdot}316$ মোল/লিটার।

আয়োডিনের পরিমাণ $= [I_2] = 2{\cdot}000 - x = 1{\cdot}316$ মোল/লিটার।

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের পরিমাণ $= [HI] = 3{\cdot}000 + 2x = 4{\cdot}368$ মোল/লিটার।

☐ উভমুখী গ্যাসীয় বিক্রিয়া এবং চাপনির্ভর সাম্যধ্রুবক K_p :

গ্যাসের নানা ধর্মের কথা পঞ্চম অধ্যায়ে বলা হইয়াছে। পরীক্ষাধীন যে কোন গ্যাসের চাপ, উহার অণুর সংখ্যা বা মোলের উপর নির্ভর করে এবং সম্মিলিত গ্যাস

স্থত্র হইতে সহজেই গ্যাসের অণু বা মোল সংখ্যার সহিত গ্যাসের চাপের সম্পর্কটি নিম্নোক্তভাবে অনুসরণ করা যায়—

$$PV = n\ RT$$

বা, $$P = \frac{n}{V}\ RT$$

বা, $$P = c.RT$$

এখানে $c = \frac{n}{V}$ বা আয়তন পিছু মোলের সংখ্যা = মোলার গাঢ়ত্ব

আবার বিভিন্ন গ্যাসমিশ্রের মোট যে চাপ, অংশপ্রেষ স্থত্র অনুসারে, প্রতি গ্যাসের নিজস্ব চাপ বা অংশপ্রেষ ঐ গ্যাসটির মোল-অনুপাতের উপর নির্ভর করে। স্থতরাং, এমন একটি উভমুখী বিক্রিয়া যদি গণ্য করা যায় যেখানে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি সবই গ্যাসীয়—সেক্ষেত্রে ভরক্রিয়া স্থত্রানুসারে সাম্যধ্রুবক গণনার জন্য, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির সাম্যাবস্থায় বর্তমান অংশপ্রেষগুলিকে মোলার গাঢ়ত্বের পরিবর্তে ব্যবহার করা যাইতে পারে। মোলার গাঢ়ত্বের পরিবর্তে, এরূপে অংশপ্রেষ ব্যবহার করিয়া—যে সাম্যধ্রুবক পাওয়া যায় উহা মোলার-গাঢ়ত্বে গণিত সাম্যধ্রুবক K_c হইতে ভিন্ন মানের, কিন্তু নির্দিষ্ট উষ্ণতায় উহাও সাম্যধ্রুবক ; অংশ-প্রেষ ভিত্তিতে গণিত যে সাম্যধ্রুবক পাওয়া যায়, K_c হইতে উহার পার্থক্য বুঝাইবার জন্য উহাকে K_p বলিয়া স্থচিত করা হয়।

□ সাম্যধ্রুবকের বিভিন্ন দুইটি রূপ K_c ও K_p-এর পারস্পরিক সম্পর্ক :

উভমুখী বিক্রিয়ার সাধারণ গণনায় আমরা K_cকেই সাম্যধ্রুবক বলিয়া গণ্য করি। উভমুখী বিক্রিয়ায়, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি গ্যাস হইলে, অংশপ্রেষের পরিপ্রেক্ষিতে গণিত সাম্যধ্রুবক K_p। K_c ও K_p-এর মধ্যে একটি সম্পর্ক আছে।

ধরা যাক্ একটি সরল উভমুখী বিক্রিয়া—

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

এই বিক্রিয়ায়, A, B, C এবং D—গ্যাসীয়।

সংজ্ঞানুসারে, $$K_c = \frac{[C].[D]}{[A].[B]}$$

এবং, $$K_p = \frac{p_C \times p_D}{p_A \times p_B}$$

p_C, p_D, p_A, p_B যথাক্রমে C, D, A এবং B-এর অংশপ্রেষ।

যেহেতু $$PV = nRT$$

বা, $$P = \frac{n}{V}\ RT$$

বা, $$P = cRT$$

$\therefore$ $$p_A = [A]RT$$

p_A = A-গ্যাসের অংশপ্রেষ
[A] = A'র মোলার গাঢ়ত্ব

অনুরূপভাবে, $p_B = [B]\,RT$ ইত্যাদি।

নিম্নলিখিত সমীকরণ একটি সাধারণ উভমুখী বিক্রিয়ার উদাহরণ—

$$aA + bB \cdots\cdots \rightleftharpoons gG + hH + \cdots\cdots \qquad \cdots \quad (1)$$

এই বিক্রিয়ায়

$$K_p = \frac{p_G{}^g \times p_H{}^h \times \cdots}{p_A{}^a \times p_B{}^b \times \cdots}\,*$$

$$= \frac{[G]^g (RT)^g \times [H]^h \times (RT)^h \times \cdots}{[A]^a (RT)^a \times [B]^b \times (RT)^b \times \cdots}$$

$$= \frac{[G]^g \times [H]^h \times \cdots}{[A]^a \times [B]^b \times \cdots} \times \frac{(RT)^{g+h+\cdots}}{(RT)^{a+b+\cdots}}$$

$$= \frac{[G]^g \times [H]^h \times \cdots}{[A] \times [B]^b \times \cdots} \times RT^{(g+h+\cdots)-(a+b+\cdots)}$$

এই সমীকরণে $[g+h+\cdots]$ বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মোট অণু বা মোল সংখ্যা এবং $[a+b+\cdots]$ বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট অণু বা মোল সংখ্যা ;

অতএব, $[g+h+\cdots]-[a+b+\cdots]$ = বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মোট মোল বা অণু সংখ্যা − বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট অণু বা মোল সংখ্যা

$$= \triangle n.$$

সুতরাং, সমীকরণটি

$$K_p = \frac{[G]^g \times [H]^h \times \cdots}{[A]^a \times [B]^b \times \cdots} \times RT^{\triangle n} \qquad \cdots \qquad \cdots \quad (2)$$

আবার K_c এর সংজ্ঞানুসারে, 1 নং সমীকরণ হইতে

$$K_c = \frac{[G]^g \times [H]^h \times \cdots}{[A]^a \times [B]^b \times \cdots}$$

সুতরাং, 2 নং সমীকরণকে নিম্নরূপে পুনর্লিখিত করা যায়—

$$K_p = K_c \times RT^{\triangle n}.$$

এই সমীকরণটিই K_p ও K_c-এর পারস্পরিক সম্পর্ক। এই সমীকরণে

K_p = অংশপ্রেষের পরিপ্রেক্ষিতে গণিত সাম্যধ্রুবক

K_c = মোলার গাঢ়ত্বের পরিপ্রেক্ষিতে গণিত সাম্যধ্রুবক

R = মোল-গ্যাস ধ্রুবক

T = উষ্ণতা (অ্যাবসোলিউট মানে)

$\triangle n$ = বিক্রিয়কের মোট অণু ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মোট অণুর পার্থক্য।

* বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের অণু বা মোলসংখ্যা বা গুণক, গণনায় অংশপ্রেষের ঘাতে পরিণত হয়।

[যদি বিক্রিয়কের মোট অণু, বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মোট অণুর সহিত সমান হয় (যেমন, $H_2 + I_2 = 2HI$), $\Delta n = 0$; সেক্ষেত্রে $K_p = K_c$.

যদি বিক্রিয়কের অণু বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মোট অণুর সহিত অসমান হয়, সেক্ষেত্রে $K_p \neq K_c$.

যেমন, $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মোট অণুসংখ্যা 2 এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট অণু-সংখ্যা (1+3) বা 4 ; অতএব $\Delta n = 2 - 4 = -2$

এক্ষেত্রে, $K_p = K_c \times (RT)^{-2}$]

উদাহরণ : $SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons SO_3$; 600°C উষ্ণতায় এই বিক্রিয়ার $K_c = 61{\cdot}7$; K_p নির্ণয় কর।

Δn = বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মোট অণুসংখ্যা − বিক্রিয়কগুলির মোট অণুসংখ্যা
$= 1 - 1\frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

$$\therefore \quad K_p = K_c \times RT^{\Delta n}$$
$$= 61{\cdot}7 \times [0{\cdot}821 \times (600 + 273)]^{-\frac{1}{2}} = 59{\cdot}8$$

এখানে গাঢ়ত্বের একক—মোল/লিটার, চাপের একক—অ্যাটমসফিয়ার, R-এর একক—লিটার-অ্যাটমসফিয়ার।

সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ও লে শাটেলিয়রের নীতি
(Equilibrium Change and Le Chatelier's Principle)

কোন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় যদি উহার বহিঃস্থ আরোপিত সর্তের (যেমন চাপ, তাপ, বিক্রিয়ক পদার্থগুলির পরিমাণের হ্রাস-বৃদ্ধি ইত্যাদি) পরিবর্তন ঘটান যায়, তবে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটে। এই পরিবর্তনগুলির পরিমাণগত প্রকৃতির পূর্বাভাস সম্বন্ধে **লে শাটেলিয়র** (Le Chatelier) ও **ভন ব্রুইন** (Von Bruin) (1884) একটি নীতি বা উপপাদ্য প্রস্তাব করেন। যথা :

"কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াধীন পদার্থসমূহের উপর যদি চাপ, তাপ বা বিক্রিয়ক পদার্থ সমূহের কোন পীড়ন (stress) সৃষ্টি করা যায়, তবে বিক্রিয়াধীন পদার্থ সমূহের স্বতঃস্ফূর্তভাবে এমন পুনর্বিন্যাস ঘটে যাহাতে আরোপিত পীড়ন-ফলকে প্রশমিত করা যায়।"

বস্তুত, লে শাটেলিয়রের নীতিকে নিউটনের বিখ্যাত তৃতীয় স্থত্রের ("প্রতি ক্রিয়ারই একটি সম-পরিমাণ বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে") রাসায়নিক ভাষ্য বলা যায়।

□ লে শাটেলিয়রের নীতি ও সাম্যাবস্থার উপর চাপ পরিবর্তনের ফল :

ধরা যাক্, একটি বিক্রিয়া : $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$

এই বিক্রিয়ায়, বিক্রিয়ক পদার্থগুলি ও উৎপন্ন পদার্থটি গ্যাসীয় ; অতএব গে ল্যুসাক নিয়মানুসারে, বিক্রিয়াকারী গ্যাসগুলির ও উৎপন্ন গ্যাসটির আয়তনের মধ্যে সরল অনুপাত বর্তমান :

H_2	+	I_2	$\rightleftharpoons$	2HI
1 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন
1 অণু		1 অণু		2 অণু

এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির মোট আয়তন এবং অণুসংখ্যা উৎপন্ন গ্যাসের মোট আয়তন ও অণুসংখ্যার সহিত সমান। অর্থাৎ, বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে মোট আয়তন বা অণুসংখ্যার পরিবর্তন ঘটে না। এখন এই বিক্রিয়াধীন পদার্থগুলির উপর যদি চাপ প্রয়োগ করা যায়, তবে একটি পীড়নের সৃষ্টি হইবে। লে শাটেলিয়রের সূত্রানুযায়ী বিক্রিয়াটির প্রবণতা হইবে, এই আরোপিত চাপকে প্রতিরোধ করা, অর্থাৎ সংকুচিত হওয়া। কিন্তু বিক্রিয়াটি $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ সম্মুখমুখী হইলে বা বিপরীতমুখী হইলে কোন ক্ষেত্রেই আয়তন হ্রাস বা সংকোচন ঘটে না। সুতরাং এক্ষেত্রে চাপের প্রভাবে সাম্যাবস্থার (অর্থাৎ H_2, I_2 এবং HI-এর) আয়তন বা অণুসংখ্যার—চাপ প্রয়োগের পূর্বে ও পরে কোন পরিবর্তন লক্ষিত হইবে না।

অপর একটি বিক্রিয়া ধরা যাক,—

$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

পূর্বের উদাহরণের ন্যায়

N_2	+	$3H_2$	$\rightleftharpoons$	$2NH_3$
1 আয়তন		3 আয়তন		2 আয়তন
1 অণু		3 অণু		2 অণু

এই বিক্রিয়াটিতেও বহিঃস্থ আরোপিত চাপ বৃদ্ধি করিলে, লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে একটি পীড়ন সৃষ্টি হইবে এবং বিক্রিয়াধীন পদার্থগুলির মধ্যে এই চাপ প্রতিরোধের একটি প্রবণতা অর্থাৎ সংকুচিত হওয়ার প্রবণতা দেখা দিবে। এখন বিক্রিয়াটি সম্মুখমুখী হইলে অর্থাৎ $N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3$ হইলে, মোট 4 আয়তন বিক্রিয়ক পদার্থ 2 আয়তন বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থে পরিণত হইয়া আয়তনের সংকোচন সৃষ্টি সম্ভব করে। সুতরাং, চাপ বৃদ্ধির সহিত বিক্রিয়াটি অধিকমাত্রায় সম্মুখমুখী হইবে অর্থাৎ বেশী মাত্রায় NH_3 উৎপন্ন হইবে ; অবধারিতভাবে, এই উৎপাদনকে কার্যকরী করিয়া তুলিতে, N_2 ও H_2-এর মাত্রা হ্রাস পাইবে। কিন্তু স্মরণ রাখা প্রয়োজন, সাম্যধ্রুবক বা K নিত্যই থাকে ; কারণ

$$K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2].[H_2]^3}$$

NH_3 গ্যাসের পরিমাণ বৃদ্ধির সহিত লব অংশ যেমন $[NH_3]^2$ বৃদ্ধি পায়, হর অংশে একই কালে $[N_2]$ এবং $[H_2]^3$ হ্রাস পাইয়া, অনুপাতটি নিত্যই রাখে।

□ লে শাটেলিয়রের নীতি ও সাম্যাবস্থার উপর তাপ পরিবর্তনের ফল ঃ

রসায়নে তাপদায়ী (exothermic) ও তাপগ্রাহী (endothermic) দুই প্রকার বিক্রিয়া দেখা যায়। এইরূপ দুইটি বিক্রিয়ার কথা ধরা যাক্—

$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+11{,}800 \text{ ক্যালোরি (calorie)}$$

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2-12{,}260 \text{ ক্যালোরি (calorie)}$$

ধরা যাক্ প্রথম বিক্রিয়াটিতে আরোপিত তাপের পরিমাণ বৃদ্ধি করিয়া একটি পীড়নের সৃষ্টি করা হইল। লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে, বিক্রিয়াধীন পদার্থগুলির মধ্যে এই পীড়ন ফলকে প্রশমিত করার প্রবণতা দেখা দিবে। তাপবৃদ্ধির ফলে উষ্ণতাবৃদ্ধি ঘটে ; সুতরাং বিক্রিয়াটি তাপ হ্রাস বা শীতলতা উৎপাদন করিয়া এই উষ্ণতাবৃদ্ধিকে প্রতিরোধ করিবে। আলোচ্য বিক্রিয়াটি সম্মুখমুখী হইলে অর্থাৎ $N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3+11800$ ক্যালোরি হইলে, আরো অধিক তাপ উৎপন্ন ও আরো পীড়ন সৃষ্টি করিবে, কিন্তু বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী অর্থাৎ $2NH_3 \rightarrow N_2+3H_2-11800$ ক্যালোরি হইলে, উহা একটি শীতলতা উৎপাদন করিতে পারে। সুতরাং, বিক্রিয়াটির স্বাভাবিক সাম্যাবস্থায় যে মাত্রায় NH_3 ছিল, তাহা থাকিবে না, উহা বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার প্রবণতায় বিযোজিত হইয়া অধিকতর N_2 ও H_2 সৃষ্টি করিবে ; অর্থাৎ, আলোচ্য বিক্রিয়াটির উদ্দেশ্য যদি NH_3 উৎপাদন হয়, তাহা হইলে স্বাভাবিক উষ্ণতায় যেটুকু NH_3 পাওয়া যাইবে, তাপবৃদ্ধির ফলে তাহার উৎপাদন পরিমাণ আরো কমিয়া যাইবে।

দ্বিতীয় বিক্রিয়াটিতে, তাপবৃদ্ধির ফলে পীড়ন ঘটিবে এবং বিক্রিয়াটি শীতলতা উৎপাদন বা তাপ শোষণ করিয়া এই পীড়নফলকে প্রতিরোধ করিবে। বিক্রিয়াটি সম্মুখমুখী হইলে অর্থাৎ $N_2O_4 \rightarrow 2NO_2-12260$ ক্যালোরি হইলে, তবেই বাঞ্ছিত তাপশোষণ ঘটে ; বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী অর্থাৎ $2NO_2 \rightarrow N_2O_4+12260$ ক্যালোরি হইলে, তাপবৃদ্ধি অর্থাৎ পীড়নফল বৃদ্ধি করিবে। সুতরাং তাপবৃদ্ধির সহিত এই বিক্রিয়ায় NO_2 এর পরিমাণ বৃদ্ধি পাইবে এবং N_2O_4 এর পরিমাণ হ্রাস পাইবে।

চাপবৃদ্ধির ক্ষেত্রের ন্যায়, এই উভয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেও বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ উভয়েরই পরিমাণ যদিও পরিবর্তিত হয়, সাম্যধ্রুবক কিন্তু অপরিবর্তিত থাকে।

লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে	তাপদায়ী বিক্রিয়া	তাপগ্রাহী বিক্রিয়া
প্রযুক্ত তাপের		
(i) বৃদ্ধি ঘটিলে	হ্রাস পায়	বৃদ্ধি পায়
(ii) হ্রাস ঘটিলে	বৃদ্ধি পায়	হ্রাস পায়

লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে	যে গ্যাসীয় বিক্রিয়ায়	
	বিক্রিয়ক পদার্থের মোট আয়তন > বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মোট আয়তন	বিক্রিয়ক পদার্থের মোট আয়তন < বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মোট আয়তন
প্রযুক্ত চাপের		
(i) বৃদ্ধি ঘটিলে	বৃদ্ধি পায়	হ্রাস পায়
(ii) হ্রাস ঘটিলে	হ্রাস পায়	বৃদ্ধি পায়

□ লে শাটেলিয়রের নীতি ও বিক্রিয়ক গাঢ়ত্বের পরিবর্তন ঃ

সাম্যাবস্থায় কোন বিক্রিয়ার মধ্যে কোনো বিক্রিয়ক গাঢ়ত্বের পরিবর্তন দ্বারা পীড়নের সৃষ্টি করিলে, উহাও সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটায়।

ধরা যাক্ বিক্রিয়াটি, $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$.

সাম্যাবস্থায় এই বিক্রিয়াটিতে যদি অতিরিক্ত কিছু H_2 যোগ করা যায়, তাহা হইলে একটি পীড়নের সৃষ্টি হইবে। লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে বিক্রিয়াটিতে এই পীড়নকে প্রতিরোধের প্রবণতা দেখা দিবে। এই প্রতিরোধের প্রক্রিয়া হইবে, যুক্ত হাইড্রোজেনের গাঢ়তা হ্রাস। যুক্ত H-কে HI রূপে পরিণত করিলে, মৌলরূপ H-এর গাঢ়তা হ্রাস পাইবে। অর্থাৎ বিক্রিয়াটি সম্মুখমুখী $H_2+I_2 \rightarrow 2HI$ হইলে, H-এর গাঢ়তা হ্রাস পাইবে। কিন্তু H-কে HI রূপে পরিণত করিতে হইলে, I-এরও সংযোজন প্রয়োজন। অতএব, অবধারিত ভাবেই H-গাঢ়তা হ্রাসের একই সাথে I-এর গাঢ়তাও হ্রাস পাইবে। সুতরাং অতিরিক্ত বিক্রিয়ক H যোগ করার মোট ফল, স্বাভাবিক সাম্যাবস্থার তুলনায় অধিকতর HI উৎপন্ন হইবে এবং স্বাভাবিক সাম্যাবস্থায় যে I থাকিত তদপেক্ষা কম I থাকিবে।

এই সিদ্ধান্তটিতে অন্যভাবেও উপনীত হওয়া যায়। এই বিক্রিয়াটির

$$K=\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

এখন অতিরিক্ত H বিক্রিয়ক যোগ করার অর্থ, $[H_2]$ অংশটির বা গাণিতিক অনুপাতটিতে লব অংশের মান বৃদ্ধি। কিন্তু যেহেতু K একটি ধ্রুবক অতএব K'র গাণিতিক অনুপাত নিত্য রাখিতে হর অংশের বৃদ্ধির সহিত (i) লব অংশেরও অর্থাৎ HI গাঢ়তার [HI] বৃদ্ধি বা (ii) হর অংশের $[I_2]$ গাঢ়তার হ্রাসও অবশ্যই অনিবার্য। সুতরাং [HI] অংশের বৃদ্ধি ঘটিবে (বা বিক্রিয়াটি অধিকমাত্রায় সম্মুখমুখী হইবে) এবং অবধারিত ভাবেই I অংশ, HI রূপে পরিণত হওয়ার জন্য $[I_2]$ অংশও হ্রাস পাইবে এবং মোট ফলশ্রুতিতে K অপরিবর্তিত থাকিবে।

বিক্রিয়া : $A+B \rightleftharpoons C+D$

A-র গাঢ়তা বৃদ্ধি করিলে C, D-এর গাঢ়তা বাড়ে এবং B-র গাঢ়তা কমে।
B-র গাঢ়তা বৃদ্ধি করিলে C, D-এর গাঢ়তা বাড়ে এবং A-র গাঢ়তা কমে।
C-র গাঢ়তা বৃদ্ধি করিলে A, B-এর গাঢ়তা বাড়ে এবং D-র গাঢ়তা কমে।
D-র গাঢ়তা বৃদ্ধি করিলে A, B-এর গাঢ়তা বাড়ে এবং C-র গাঢ়তা কমে।

□ লে শাটেলিয়রের নীতি ও নিষ্ক্রিয় পদার্থ-যোগে সাম্যাবস্থার পরিবর্তন :

বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের সহিত প্রত্যক্ষ যুক্ত নয় বা বিক্রিয়া করে না এমন কোনো নিষ্ক্রিয় পদার্থ কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সিস্টেমে যোগ করিলে—রাসায়নিক সাম্য প্রভাবিত হইতেও পারে, না হইতেও পারে।

গ্যাসীয় বিক্রিয়াগুলি স্থির চাপ বা স্থির আয়তনে নির্বাহ করা হয়। ধরা যাক্ $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$ এই বিক্রিয়ায়, **স্থির চাপে** কিছু N_2-গ্যাস প্রবিষ্ট করান হইল। এক্ষেত্রে মোট চাপ স্থির থাকিলেও, বিক্রিয়াধীন গ্যাসগুলির অংশপ্রেষ পরিবর্তিত হইবে, ফলে K_p পরিবর্তিত হইবে।

আবার পূর্বোক্ত বিক্রিয়ায়, **স্থির আয়তনে** কিছু N_2-গ্যাস প্রবিষ্ট করাইলে, সিস্টেমে মোট চাপ বৃদ্ধি পাইলেও, বিক্রিয়াধীন গ্যাসগুলির অংশপ্রেষ একই থাকিবে ; ফলে সাম্যের দিক হইতে কোন পরিবর্তন হইবে না, অর্থাৎ K_p অপরিবর্তিত থাকিবে।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) (i) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও মোট 2-অ্যাটমোসফিয়ার চাপে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আছে—

$$\underset{(\text{গ্যাস})}{NO_2} + \underset{(\text{গ্যাস})}{CO} \rightleftharpoons \underset{(\text{গ্যাস})}{CO_2} + \underset{(\text{গ্যাস})}{NO}$$

এই বিক্রিয়ায়, মোট চাপ 4-অ্যাটমোসফিয়ারে পরিবর্তিত করিলে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির পরিমাণ—বৃদ্ধি পাইবে, হ্রাস পাইবে, না অপরিবর্তিত থাকিবে, ব্যাখ্যাসহ উত্তর দাও।

(ii) পূর্বোক্ত বিক্রিয়ায় যদি বাহির হইতে সিস্টেমে আরো CO প্রবিষ্ট করাইয়া CO-এর অংশপ্রেষ বাড়ান যায়, বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির উপর কি প্রভাব দেখা যাইবে ? (গাণিতিক উপস্থাপনের প্রয়োজন নাই) [**উচ্চ মাধ্যমিক, 1978**]

(i) বিক্রিয়াটি—

$$\underset{\substack{(\text{গ্যাস})\\ 1\ \text{আয়তন}}}{NO_2} + \underset{\substack{(\text{গ্যাস})\\ 1\ \text{আয়তন}}}{CO} \rightleftharpoons \underset{\substack{(\text{গ্যাস})\\ 1\ \text{আয়তন}}}{CO_2} + \underset{\substack{(\text{গ্যাস})\\ 1\ \text{আয়তন}}}{NO}$$

এই বিক্রিয়াটিতে বিক্রিয়ালব্ধ এবং বিক্রিয়ক পদার্থ সবগুলিই গ্যাস এবং সমীকরণের বামদিকে বিক্রিয়কগুলির মোট আয়তন ও ডানদিকে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মোট আয়তন একই।

অতএব, লে শাটেলিয়র নীতি অনুসারে, বিক্রিয়ায় আয়তনের পরিবর্তন ঘটেনা বলিয়া, চাপের কোন প্রভাব নাই ; এবং চাপ 4 অ্যাটমোসফিয়ারে পরিবর্তিত করিলেও, সাম্যাবস্থার কোন প্রভেদ ঘটিবে না।

(ii) দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, সিস্টেমে যদি বাহির হইতে আরো CO প্রবিষ্ট করান যায়, এবং CO-এর অংশপ্রেষ বৃদ্ধি করা যায়—লে শাটেলিয়ার নীতি অনুসারে সিস্টেম বর্ধিত চাপকে প্রশমিত করার চেষ্টা করিবে। এই প্রশমন একমাত্র সম্ভব হইতে পারে যদি প্রবিষ্ট CO-কে বিক্রিয়ায় ব্যবহার করিয়া রূপান্তরিত করা যায়—অর্থাৎ সিস্টেমটি আরো দক্ষিণমুখী হইয়া প্রবিষ্ট CO-কে CO_2তে রূপান্তরিত করিয়া দিবে, বা অন্যকথায় বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির পরিমাণ বাড়িবে।

(2) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও চাপে $H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)$ এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়াটি তাপদায়ী (exothermic)। এখন তাপমাত্রা ও চাপ পরিবর্তন করিলে, বিক্রিয়াজাত পদার্থটির পরিমাণ কীভাবে পরিবর্তিত হইবে তাহা ব্যাখ্যা কর। যে সূত্রটি সাহায্যে ইহা ব্যাখ্যা করা যায় সেটি বিবৃত কর। **[উচ্চ মাধ্যমিক 1979]**

$$H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)+x \text{ ক্যালোরি}$$ [g=গ্যাসীয় অবস্থা]

যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপদায়ী, অতএব লে শাটেলিয়র সূত্রানুযায়ী

(i) প্রযুক্ত তাপের বৃদ্ধি ঘটিলে, HI এর উৎপাদন হ্রাস পায়, এবং

(ii) প্রযুক্ত তাপের হ্রাস ঘটিলে HI এর উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

যেহেতু, বিক্রিয়াটিতে বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট আয়তন এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মোট আয়তন একই, অতএব লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে চাপের হ্রাস-বৃদ্ধির সহিত HI এর উৎপাদনের হ্রাস বা বৃদ্ধি কোনটিই ঘটিবে না।

শিল্প প্রযুক্তিতে ব্যবহৃত কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়া ও লে শাটেলিয়রের নীতি
(La Chatelier Principle and its Application to some Industrial Reactions)

☐ অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি :

অ্যামোনিয়া গ্যাসের শিল্প উৎপাদন (industrial preparation)-যে পদ্ধতিতে হয়, উহার নাম **হেবার পদ্ধতি** (Haber's process)। এই পদ্ধতিতে N_2 ও H_2 হইতে NH_3 গ্যাস প্রস্তুত হয়।

বিক্রিয়া : $\underset{\text{1 আয়তন}}{N_2} + \underset{\text{3 আয়তন}}{3H_2} \rightleftharpoons \underset{\text{2 আয়তন}}{2NH_3} + 11800$ ক্যালোরি

যেহেতু, N_2 ও H_2, NH_3'তে পরিণত হওয়ার কালে আয়তনের সংকোচন ঘটে, অতএব লে শাটেলিয়র নীতি অনুসারে, বর্ধিত চাপে বিক্রিয়াটি সম্মুখমুখী হইবে এবং অধিকমাত্রায় NH_3 উৎপন্ন হইবে। সুতরাং, NH_3-এর শিল্প প্রস্তুতিতে অধিক NH_3 উৎপাদনের লক্ষ্যে, N_2 এবং H_2-এর উপর বর্ধিত বহিঃস্থ চাপ প্রয়োগ একটি আবশ্যিক সর্ত।

আবার, বিক্রিয়াটি তাপদায়ী বিক্রিয়া। সুতরাং তাপবৃদ্ধি করিলে বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী হইবে এবং উৎপন্ন NH_3'র বিযোজিত হইবার প্রবণতা থাকিবে। সুতরাং NH_3'র শিল্প প্রস্তুতিতে অধিক NH_3 উৎপাদনের লক্ষ্যে, বর্ধিত তাপ বর্জনীয়।

নিম্নতাপ বাঞ্ছনীয় হইলেও, নিম্নতাপে যে কোন বিক্রিয়াই সম্পূর্ণ হইতে অধিক সময় লাগে। এক্ষেত্রে 'প্রকৃষ্ট উষ্ণতায়' (optimum temparature) এবং কোন অনুঘটক (catalyst) ব্যবহার করিলে সর্বাধিক পরিমাণ NH_3 উৎপাদন স্বল্প সময়ে করা যায়।

প্রকৃত ক্ষেত্রে, হেবার পদ্ধতিতে NH_3 উৎপাদনের ক্ষেত্রে,—

(i) N_2 ও H_2-এর আয়তনিক মাত্রা 1 : 3 ;

(ii) উষ্ণতা 550°C ;

(iii) চাপ 200 বায়ু চাপ (atmosphere) ;

(iv) অনুঘটক আয়রনচূর্ণ, উদ্দীপক (promoter) রূপে মলিবডেনামসহ ব্যবহার করা হয়।

□ সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি ঃ

সালফিউরিক অ্যাসিডের মূল উপাদান সালফার ট্রায়ক্সাইড (SO_3) ; ইহা জলের সহিত, দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

SO_3-এর শিল্প উৎপাদন ঘটে, অনুঘটকের উপস্থিতিতে, SO_2 এবং O_2 গ্যাসের সংযোজনের মাধ্যমে। এই পদ্ধতিটির নাম **সংস্পর্শ পদ্ধতি** (Contact process)।

অনুসৃত বিক্রিয়াটি,

$$\underset{2\ \text{আয়তন}}{2SO_2} + \underset{1\ \text{আয়তন}}{O_2} \rightleftharpoons \underset{2\ \text{আয়তন}}{2SO_3} + 45{,}200\ \text{ক্যালোরি}$$

যেহেতু, SO_2 ও O_2, SO_3-তে পরিণত হওয়ার কালে আয়তনের সংকোচন ঘটে ; অতএব লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে, বর্ধিত চাপে বিক্রিয়াটি সম্মুখমুখী হইবে এবং অধিকমাত্রায় SO_3 উৎপন্ন হইবে। সুতরাং শিল্প প্রস্তুতিতে অধিক মাত্রায় SO_3 উৎপাদনের লক্ষ্যে SO_2 এবং O_2'র উপর বর্ধিত চাপ প্রয়োগ বাঞ্ছনীয়।

আবার বিক্রিয়াটি তাপদায়ী বিক্রিয়া। সুতরাং তাপবৃদ্ধি করিলে বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী হইবে এবং উৎপন্ন SO_3 বিযোজিত হইবার প্রবণতা থাকিবে। সুতরাং SO_3-এর শিল্প প্রস্তুতিতে অধিক SO_3 উৎপাদনের লক্ষ্যে, বর্ধিত তাপ বর্জনীয়।

নিম্ন তাপ বাঞ্ছনীয় হইলেও নিম্নতাপে $SO_2 \rightarrow SO_3$ বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইতে অধিক সময় লাগে। এক্ষেত্রে প্রকৃষ্ট উষ্ণতায় (optimum temp.) কোন অনুঘটক ব্যবহার করিলে SO_3 এর উৎপাদন স্বল্প সময়ে করা যায়।

প্রকৃতক্ষেত্রে, সংস্পর্শ পদ্ধতিতে SO_3 উৎপাদনের ক্ষেত্রে—

(i) SO_2 এবং O_2 এর আয়তনিক মাত্রা 2 : 3

(ii) উষ্ণতা 450°C.

(iii) চাপ—1·2 বায়ু চাপ [বর্ধিত চাপ বাঞ্ছিত হইলেও, এই চাপেই যথেষ্ট SO_3 এতে (98%) রূপান্তরণ ঘটে]

(iv) অনুঘটক—প্লাটিনাম (Pt), বা ভ্যানেডিয়ম পেণ্টক্সাইড (V_2O_5)—ব্যবহৃত হয়।

□ নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি ঃ

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে মূল উপাদান নাইট্রিক অক্সাইড, NO। NO কয়েকটি সহজ বিক্রিয়ার মাধ্যমে HNO_3'তে পরিণত হয়।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$
$$2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3.$$
$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O.$$

নাইট্রিক অক্সাইডের শিল্প প্রস্তুতি ঘটে অনুঘটকের উপস্থিতিতে অক্সিজেন যোগে অ্যামোনিয়া গ্যাসের জারণের মাধ্যমে। এই পদ্ধতিটির নাম **অস্টওয়াল্ড পদ্ধতি** (Ostwald's process)।

বিক্রিয়া ঃ $\underset{\text{4 আয়তন}}{4NH_3} + \underset{\text{5 আয়তন}}{5O_2} \rightleftharpoons \underset{\text{4 আয়তন}}{4NO} + \underset{\text{6 আয়তন (ষ্টীম)}}{6H_2O} + 305{,}000$ ক্যালোরি

যেহেতু বিক্রিয়াটিতে NO গ্যাসের উৎপাদনমুখী বিক্রিয়ার ফলে আয়তনের প্রসারণ ঘটে, অতএব লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে বর্ধিত চাপ প্রয়োগ করিলে বিপরীতমুখী বিক্রিয়াটিই $4NO + 6H_2O \rightarrow 4NH_3 + 5O_2$ ঘটিবে। সুতরাং শিল্প প্রস্তুতিতে অধিক NO উৎপাদনের লক্ষ্যে বর্ধিত বহিঃস্থ চাপ প্রয়োগ অবাঞ্ছনীয়।

আবার, বিক্রিয়াটি তীব্র তাপদায়ী বিক্রিয়া। সুতরাং লে শাটেলিয়রের নীতি অনুসারে বর্ধিত তাপে বিপরীতমুখী বিক্রিয়া [অর্থাৎ $4NO + 6H_2O \rightarrow 4NH_3 + 5O_2 - 305{,}000$ ক্যালোরি] ঘটিবে এবং উৎপন্ন NO বিযোজিত হইবার প্রবণতা ঘটিবে। সুতরাং NO-এর শিল্প প্রস্তুতিতে অধিক মাত্রায় NO উৎপাদনের জন্য বর্ধিত তাপ বর্জনীয়।

নিম্ন তাপ বাঞ্ছনীয় হইলেও, নিম্ন উষ্ণতায় NO-এর সম্পূর্ণ উৎপাদনে অধিক সময় লাগে। এক্ষেত্রে প্রকৃষ্ট-উষ্ণতায় কোন অনুঘটক ব্যবহার করিলে NO-র উৎপাদনটি দ্রুত করা যায়।

প্রকৃত ক্ষেত্রে **অস্টওয়াল্ড পদ্ধতিতে** NO উৎপাদনের ক্ষেত্রে,

(i) NH_3 এবং O_2-এর আয়তনিক মাত্রা 1 : 7·5 ;

(ii) উষ্ণতা 500°C. ;

(iii) অনুঘটক, প্লাটিনাম তারজালি (platinum gauge) ব্যবহার করা হয়।

অতিরিক্ত গাণিতিক উদাহরণ

(1) 427°C. উষ্ণতায় এবং 20 অ্যাটমোসফিয়ার চাপে

$$\tfrac{1}{2}N_2+\tfrac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3$$

এই বিক্রিয়ায়, সাম্যাবস্থায় 16% অ্যামোনিয়া থাকে। বিক্রিয়াটির K_p নির্ণয় কর।

100 গ্রাম-অণু মিশ্রণে উপাদানগুলির পরিমাণ $NH_3=16$ গ্রাম-অণু ; $H_2=63$ গ্রাম-অণু ; $N_2=21$ গ্রাম-অণু

$$\therefore\ p_{NH_3}=\frac{16}{100}\times 20=3{\cdot}2 \text{ অ্যাটমোসফিয়ার}$$

$$p_{H_2}=\frac{63}{100}\times 20=12{\cdot}6 \quad ,,$$

$$p_{N_2}=\frac{21}{100}\times 20=4{\cdot}2 \quad ,,$$

$$\therefore\ K_p=\frac{p_{NH_3}}{p_{N_2}^{\frac{1}{2}}\times p_{H_2}^{\frac{3}{2}}}=\frac{3{\cdot}2}{(4{\cdot}2)^{\frac{1}{2}}\times(12{\cdot}6)^{\frac{3}{2}}}=3{\cdot}49\times10^{-2}.$$

(2) (a) 25°C. উষ্ণতায় এবং 1 অ্যাটমোসফিয়ার চাপে N_2O_4 শতকরা 18·46 ভাগ NO_2-তে বিযোজিত হয়। K_p নির্ণয় কর।

(b) উক্ত উষ্ণতায় 0·5 অ্যাটমোসফিয়ার চাপে নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডের মাত্রা গণনা কর।

(a) ধরা যাক্ বিযোজন মাত্রা মোল প্রতি α

$$\therefore\ N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$$
$$1-\alpha \qquad 2\alpha$$

$$p_{N_2O_4}=\frac{1-\alpha}{1+\alpha}P$$

[∵ গ্যাসমিশ্রে গ্যাসের অংশপ্রেষ = মোল অনুপাত × মোট চাপ]

$$p_{NO_2}=\frac{2\alpha}{1+\alpha}P$$

$$\therefore\ K_p=\frac{p_{NO_2}^{\,2}}{p_{N_2O_4}}=\frac{\left(\frac{2\alpha}{1+\alpha}\cdot P\right)^2}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\cdot P}=\frac{4\alpha^2P}{1-\alpha^2}$$

$$=\frac{4(0{\cdot}1846)^2}{1-(0{\cdot}1846)^2}=0{\cdot}141.$$

(b) $K_p = \frac{4\alpha^2 \cdot P}{1-\alpha^2}$

$0{\cdot}141 = \frac{4\alpha^2 \cdot \times (0{\cdot}5)}{1-\alpha^2}$

$0{\cdot}141(1-\alpha^2) = 2\alpha^2$

$\therefore \quad \alpha = 0{\cdot}257$

সুতরাং শতকরা বিযোজনের মাত্রা হইবে $0{\cdot}257 \times 100 = 25{\cdot}7$

(3) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ – এই বিক্রিয়ার $K_p = 1{\cdot}8$

এই সিস্টেমটি কত চাপে রাখিলে 250°C উষ্ণতায়, শতকরা 50 ভাগ ফসফোরাস পেণ্টাক্লোরাইড বিযোজিত হইবে ?

1 গ্রাম অণু PCl_5 লওয়া হইলে, উহা হইতে সাম্যাবস্থায় পাওয়া যাইবে—

$PCl_5 = 0{\cdot}5$ গ্রাম-অণু ; $PCl_3 = 0{\cdot}5$ গ্রাম-অণু ; $Cl_2 = 0{\cdot}5$ গ্রাম-অণু উপাদানগুলির মোট পরিমাণ $= 1{\cdot}5$ গ্রাম-অণু।

উহাদের অংশপ্রেষগুলি হইবে যথাক্রমে

$p_{PCl_3} = p_{Cl_2} \times p_{PCl_5} = \frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}5}P$ (P = মোট চাপ)

$$\therefore \quad K_p = \frac{p_{PCl_3} \times p_{Cl_2}}{p_{PCl_5}} = \frac{\left(\frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}5}P\right)^2}{\left(\frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}5}\right)P} = \frac{1}{3}P$$

$1{\cdot}8 = \frac{1}{3}P \quad \therefore \quad P = 5{\cdot}4$ অ্যাটমোসফিয়ার।

প্রশ্নাবলী

1. 'একমুখী বিক্রিয়া' ও 'উভমুখী বিক্রিয়া' কাহাকে বলে ? উভয়ের পার্থক্য কি ? প্রতি শ্রেণীর বিক্রিয়ার তিনটি করিয়া উদাহরণ দাও।

2. 'রাসায়নিক সাম্য' কাহাকে বলে ? রাসায়নিক সাম্যাবস্থায়—বিক্রিয়ার কি কি বৈশিষ্ট্য লক্ষ্যণীয় ? কোন উভমুখী বিক্রিয়ার রাসায়নিক সাম্যাবস্থাটি কিরূপে পরিবর্তিত হয় ?

3. "রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া স্থগিত হয় না, উহা চলমানরূপে সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে" আলোচনা কর। কি কি সর্তের পরিবর্তন ঘটিলে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটে।

4. ভরক্রিয়া সূত্রটি বিবৃত কর। 'সক্রিয় ভর' ও 'সাম্য ধ্রুবকের' ব্যাখ্যা কর। নিম্নোক্ত ক্ষেত্রগুলিতে সাম্যধ্রুবকের মান হইতে বিচার কর—কোন্ ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি সর্বাধিক সম্পূর্ণ হইবে ; $K=1$, $K=10^{10}$, $K=10^{-10}$?

5. ধরা যাক্, একটি বিক্রিয়া : $A+B \rightleftharpoons C+D$

286 পৃষ্ঠায় প্রদত্ত তালিকায় বিভিন্ন ক্ষেত্রের A, B, C ও D-এর মান হইতে প্রতি ক্ষেত্রে, সাম্যধ্রুবক K গণনা কর।

বিপরীত বিক্রিয়াটির (অর্থাৎ, $C+D \rightleftharpoons A+B$) সাম্য-ধ্রুবক যদি K' হয়, 286 পৃষ্ঠায় প্রদত্ত তালিকা হইতে বিভিন্ন ক্ষেত্রের A, B, C ও D-এর মান লইয়া প্রতিক্ষেত্রে K' গণনা কর এবং দেখাও যে প্রতিক্ষেত্রে K'-এর মান, K-এর লব্ধ মানের বিপরীত (reciprocal)।

6. (a) কোন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় যদি উহার উপর বহিঃস্থ আরোপিত সর্তের (যেমন তাপ ও চাপ) পরিবর্তন ঘটান যায়, তবে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় কি পরিবর্তন ঘটিবে ? এই পরিবর্তনের প্রকৃতি সম্বন্ধে কোন্ নীতি, কে প্রস্তাব করেন ? নীতিটি বিবৃত কর ।

(b) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির উপর চাপ বৃদ্ধির ফল কি হইবে ব্যাখ্যা কর :

(i) $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$

(ii) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO$

(iii) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$

(iv) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$

(c) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির উপর তাপবৃদ্ধির ফল কি হইবে ব্যাখ্যা কর :—

(i) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2+Q_1$ ক্যালোরি

(ii) $C+H_2O \rightleftharpoons CO+H_2-Q_2$ ক্যালোরি

7. $H_2+CO_2 \rightleftharpoons H_2O+CO$.

986°C উষ্ণতায় এই বিক্রিয়াটির K=1·60। নিম্নের তালিকানুযায়ী কয়েকটি পরীক্ষায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের যে গাঢ়তা (মোল/লিটার) দেওয়া আছে তদনুপাতে উহাদের মিশ্রিত করা হইল ; প্রতিক্ষেত্রে 986°C উষ্ণতায় সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট প্রতিটি পদার্থের গাঢ়তা নির্ণয় কর ঃ

(a) 0·50 (M) H_2 এবং 0·50 (M) CO_2

(b) 0 50 (M) H_2O এবং 0·50 (M) CO

(c) 0·50 (M) H_2, 0·50 (M) CO_2, 0·50 (M) H_2O এবং 0·50 (M) CO

[*Ans.* (*a*) 0·22(M)H_2, 0·22(M)CO_2, 0·28(M)H_2O এবং 0·28(M)CO (*b*) 0·22(M)H_2, 0·22(M)CO_2, 0·28(M)H_2O এবং 0·28(M)CO (c) 0·44 (M) H_2, 0·44(M)CO_2, 0·56 (M) H_2O, 0·56 (M) CO.]

8. $H_2+CO_2 \rightleftharpoons H_2O+CO$.

986°C উষ্ণতায় এই বিক্রিয়াটির K=1·60। ঐ উষ্ণতায়, একটি 10·0 লিটার আধারে—1·00 মোল H_2, 2·00 মোল CO_2, 3·00 মোল H_2O এবং 4·00 মোল CO যোগ করিলে, সাম্যাবস্থায় প্রতিটি পদার্থের গাঢ়তা (মোল/লিটার) কি হইবে নির্ণয় কর ।

[*Ans.* 0·172 (M) H_2, 0·272 (M) CO_2, 0·228 (M) H_2O, 0·328 (M) CO]

9. $CH_3COOH+C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$.

এই বিক্রিয়াটিতে আদিতে 1 মোল CH_3COOH ও 1 মোল C_2H_5OH লইয়া পরীক্ষা সুরু করিলে, সাম্যাবস্থায় 0·65 মোল এষ্টার ($CH_3COOC_2H_5$) পাওয়া যায়। আদিতে নিম্নলিখিত তালিকা অনুযায়ী পদার্থগুলি ব্যবহার করিলে, প্রতি ক্ষেত্রে কি পরিমাণ এষ্টার পাওয়া যাইবে নির্ণয় কর ।

(i) 0·1 মোল অ্যাসিড এবং 0 5 মোল অ্যালকোহল

(ii) 1 মোল অ্যাসিড এবং 0·1 মোল অ্যালকোহল

(iii) 0·1 মোল অ্যাসিড, 0·25 মোল অ্যালকোহল এবং 0·1 মোল জল

(iv) 0·1 মোল অ্যাসিড, 0·1 মোল অ্যালকোহল, 0·1 মোল এষ্টার ও 0·1 মোল জল ।

[*Ans.* (i) 0·098 মোল ; (ii) 0·097 মোল ; (iii) 0·077 মোল ; (iv) 0·1011 মোল]

10. সাম্যাবস্থার পরিবর্তনের ক্ষেত্রে 'লে শাটেলিয়রের নীতি' বিবৃত কর এবং শিল্প প্রস্তুতির ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ দুইটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর ইহার প্রয়োগ আলোচনা কর ।

11. অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষ পদ্ধতিতে উৎপাদনকালে ব্যবহৃত সর্তাবলীর জন্য যে যে ভৌত রাসায়নিক নীতিগুলি (Physico-chemical principle) কাজ করে, ঐগুলি আলোচনা কর। **[Jt. Entr. 1979]**

[সংকেত ঃ 'ভৌত রাসায়নিক নীতি' বলিতে বিক্রিয়ার উপর চাপ, তাপ ও অনুঘটকের প্রয়োগের তাত্ত্বিক বিচার বুঝায় ।]

12. (a) সাম্যাবস্থায় কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় K_p ও K_c বলিতে কি বুঝায় ?
(b) একটি উভমুখী গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় K_p ও K_c এর মধ্যে সম্পর্কটি গণনা করিয়া দেখাও।
(c) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে K_p ও K_c এর সম্পর্ক কি হইবে :—
(i) $C_2H_4+H_2 \rightleftharpoons C_2H_6$
(ii) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO$
(iii) $2NO_3 \rightleftharpoons N_2+3H_2$.

13. পরীক্ষাধীন একটি সিস্টেম

$$A_{(g)}+2B_{(g)}+3C_{(g)} \rightleftharpoons 4D_{(g)}+5 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

একটি 7 লিটার আয়তনের বদ্ধ পাত্রে, 600°C উষ্ণতায় পূর্বোক্ত সিস্টেমের সাম্যাবস্থায় 1·0 মোল A, 2·0 মোল B, 3·0 মোল C ও 4·0 মোল D থাকে।
(a) 600°C উষ্ণতায় পূর্বোক্ত সিস্টেমের সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর ;
(b) 600°C উষ্ণতায় পূর্বোক্ত সিস্টেমে 1·0 মোল B, 1·00 মোল C, এবং 1·00 মোল D থাকিলে— সাম্যাবস্থায় A কত মোল পরিমাণে থাকিবে ?

[*Ans* : $1{\cdot}2\times10^{2}$; 0·41 মোল]

14. একটি উভমুখী বিক্রিয়া : $Y_{(s)}+2W_{(g)} \rightleftharpoons 2Z_{(g)}$ (s=কঠিন ; g=গ্যাস)। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক 0·64। 0·10 মোল Y এবং 0·50 মোল/লিটার W-এর সহিত সাম্যাবস্থায় কি পরিমাণ Z বর্তমান থাকিবে ?

[*Ans* : 0·40(M)]

15. একটি উভমুখী বিক্রিয়া : $A_{(g)}+B_{(g)} \rightleftharpoons AB_{(g)}$। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক $4{\cdot}0\times10^{-2}$। একটি 2·0 লিটার আধারে 0·50 মোল A ও 0·60 মোল B প্রবিষ্ট করান হইলে, AB'র পরিমাণ কি হইবে ?

[*Ans* : $3{\cdot}0\times10^{-3}$(M)]

॥ দ্বিতীয় ভাগ ॥

॥ অধাতু ও অধাতব যৌগ ॥

একাদশ অধ্যায়

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, জল, হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ওজোন

হাইড্রোজেন—অক্সিজেন—জল—হাইড্রোজেন পারক্সাইড—ওজোন : প্রস্তুতি, ধর্ম, বিক্রিয়া, নিরীক্ষা ও ব্যবহার

সংকেত—H
অণু—H_2
পরমাণু ক্রমাংক—1
পারমাণবিক ওজন—1·008
বহির্কক্ষস্থ ইলেকট্রন—1s'
পর্যায় সারণীতে অবস্থান—গ্রুপ VII B
(বা, গ্রুপ I A)

হাইড্রোজেন (Hydrogen)

প্রাকৃতিক পার্থিব মৌলগুলির মধ্যে হাইড্রোজেন মৌলটি নানা দিক দিয়া বিশিষ্ট। ইহার পরমাণু লঘুতম ও একটিমাত্র প্রোটন ও একটিমাত্র ইলেকট্রনের সমবায়ে গঠিত। হাইড্রোজেন পরমাণু নানা রাসায়নিক সংজ্ঞায় এককরূপে ব্যবহৃত হয়।

অস্তিত্বের দিক দিয়াও হাইড্রোজেন বিশিষ্ট। সূর্যের উপাদানের প্রায় 70 ভাগ মৌল হাইড্রোজেন। পৃথিবীতে অতি লঘু বলিয়া মৌল হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব যৎসামান্য, কিন্তু অন্য মৌলের তুলনায় যৌগরূপে হাইড্রোজেনের অস্তিত্বই সর্বাধিক। জল, পেট্রোলিয়াম, জৈবজগৎ ও প্রাণীজগৎ—ইহাদের মূল রাসায়নিক উপাদান হাইড্রোজেন।

প্যারাসেলসাস ও **ভ্যান হেলমণ্ট** হাইড্রোজেন গ্যাসের সহিত পরিচিত ছিলেন বলিয়া তাঁহাদের পরীক্ষার বিবরণী হইতে জানা যায়। হাইড্রোজেনের যথার্থ আবিষ্কার ও উহার ধর্মের প্রথম অনুশীলন করেন বিজ্ঞানী **ক্যাভেণ্ডিস** (1766)।

হাইড্রোজেনের প্রস্তুতি :

হাইড্রোজেন প্রস্তুতির মূল উৎস (i) জল, (ii) অ্যাসিড, (iii) ক্ষার ও (iv) ধাতব হাইড্রাইড শ্রেণীর যৌগ।

□ জল হইতে হাইড্রোজেনের প্রস্তুতি :

● সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত ক্ষারীয় ধাতুগুলি, যেমন Na, K, Ca, Ba, Sr ইত্যাদি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। কিছু কিছু ধাতুর পারদ-সংকর বা অ্যামালগাম (amalgam), যেমন সোডিয়াম অ্যামালগাম, অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগাম—এগুলিও সাধারণ উষ্ণতায় জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$$
$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2\uparrow$$
$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$
$$2Al.xHg + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 2xHg + 3H_2\uparrow$$

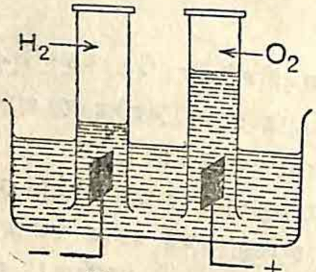
অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগাম

● ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ, অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ, কপার-প্রলিপ্ত জিংক (zinc-copper couple) প্রভৃতি 100°C উষ্ণতায় স্টীমকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত Zn, Fe, Co, Ni, Pb, Sn প্রভৃতি ধাতুগুলিও স্টীমের সহিত অনুরূপ বিক্রিয়া করে।

$$Mg+H_2O=MgO+H_2\uparrow$$
$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2\uparrow$$

● সাধারণ উষ্ণতায় অম্লীকৃত বা ক্ষারীকৃত জলকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

একটি অম্লীকৃত জলপূর্ণ আধারে দুইটি গ্যাস সংগ্রাহক নলের মধ্যে দুইটি প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার (electrode) প্রবিষ্ট করিয়া, তড়িৎচালনা করিলে অপরা তড়িৎবাহী তড়িৎদণ্ড বা ক্যাথোডযুক্ত নলটিতে হাইড্রোজেন ও পরাতড়িৎবাহী তড়িৎদণ্ড বা অ্যানোডযুক্ত নলটিতে অক্সিজেন উৎপন্ন ও সংগৃহীত হইয়া থাকে। (চিত্র নং 11·1)



চিত্র নং 11·1

বিক্রিয়া : $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$

ক্যাথোডে, $2H^+ + 2e = 2H = H_2\uparrow$

অ্যানোডে,
$$\begin{cases} SO_4^{--} - 2e = SO_4 \\ SO_4 + H_2O = \underset{\text{পুনরুৎপন্ন অম্ল}}{H_2SO_4} + O \\ O + O = O_2\uparrow \end{cases}$$

H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত জলের পরিবর্তে, Ba $(OH)_2$ দ্বারা ক্ষারীকৃত জল হইতেও তড়িৎচালনায় হাইড্রোজেন বিমুক্ত হয়।

এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন কিছু অবিশুদ্ধ। ইহাকে বিশুদ্ধীকরণের জন্য (i) উত্তপ্ত প্লাটিনাম জালির উপর চালনা করা হয় ; ফলে মিশ্রিত অক্সিজেন জলে পরিণত হইয়া পৃথক হইয়া যায় ; (ii) ইহার পর হাইড্রোজেনকে কঠিন কষ্টিক পটাস ও কঠিন ফসফোরাস পেণ্টকসাইড যুক্ত নলের মধ্য দিয়া চালনা করা হয় ; ফলে হাইড্রোজেন শুষ্ক হইয়া যায় ; (iii) ইহার পর হাইড্রোজেনকে উত্তপ্ত প্যালেডিয়াম ধাতুপূর্ণ গোলকের মধ্য দিয়া চালিত করা হয়। ফলে হাইড্রোজেন অংশ প্যালেডিয়ামে শোষিত হইয়া যায়—কিন্তু কলুষ পদার্থগুলি শোষিত হয় না। এখন হাইড্রোজেনযুক্ত প্যালেডিয়াম গোলকটিকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে উহা শোষিত হাইড্রোজেনকে বিশুদ্ধ-

রূপে নির্গত করে। ইহাকে বায়ুর অধঃঅপসারণ দ্বারা বা বিশুদ্ধ পারদপূর্ণ গ্যাসজারে —পারদের অধঃঅপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

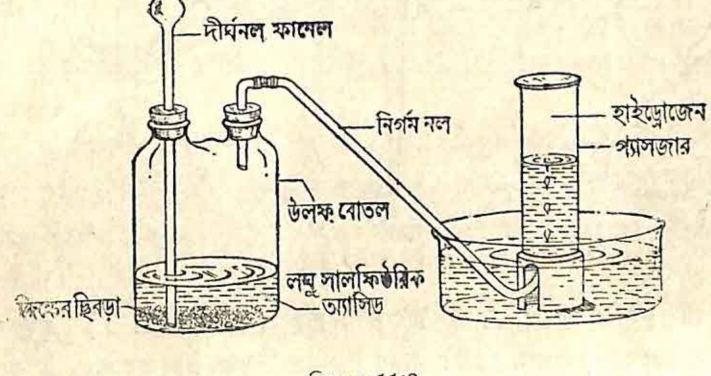
□ অম্ল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

নীতিগত দিক দিয়া, তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উর্ধ্বে অবস্থিত যে-কোন ধাতুই অম্ল হইতে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিয়া, মৌলরূপে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু কোন কোন ধাতুর ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি অতি শ্লথগতি। বস্তুত, অম্ল হইতে ধাতুদ্বারা হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে হইলে ধাতুটির তড়িতদ্বার বিভব (electrode potential) $+0{\cdot}41$ ভোল্ট বা উহার অধিক হওয়া প্রয়োজন।

সাধারণ উষ্ণতায় Zn, Fe ও Mg লঘু অজৈব অম্ল হইতে এবং Al ও Sn গাঢ় অজৈব অম্ল হইতে, হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। অম্লটি HNO_3 হইলে, উহা জারক পদার্থ বলিয়া এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন বিজারক পদার্থ বলিয়া, ধাতু ও HNO_3 এর বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না (একমাত্র ব্যতিক্রম Mg)। Cu, Ag, Hg তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নিম্নে বলিয়া ইহারা কোন অম্লের সহিতই হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না।

□ পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

(i) পরীক্ষাগারে, চিত্রানুযায়ী (চিত্র নং 11·2) একটি উলফ্ বোতলে (Woulf's bottle) কিছু সাধারণ জিংকের ছিবড়া (grannulated zinc) ও



চিত্র নং 11·2

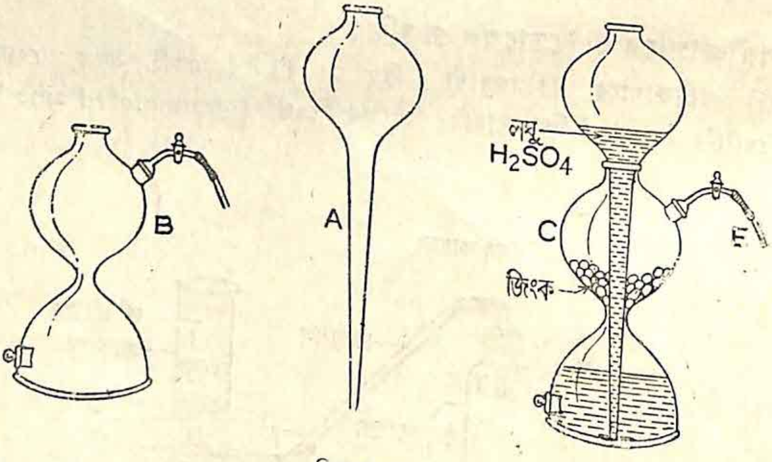
জল লওয়া হয়। বোতলটির একমুখে একটি দীর্ঘনল ফানেল ও অন্য মুখে একটি নির্গম-নল যুক্ত থাকে। এই নির্গম-নলটি একটি জলপূর্ণ পাত্রে, উপুড় করা জলপূর্ণ একটি গ্যাসজারের নিম্নে প্রবিষ্ট করানো থাকে। ফানেলটি হইতে লঘু H_2SO_4 দ্রবণ উলফ্ বোতলে ঢালিলে উহা Zn-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন

বিমুক্ত করে। এই বিমুক্ত হাইড্রোজেন নির্গম-নল পথে জলপূর্ণ গ্যাসজারে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হইয়া থাকে।

বিক্রিয়া : $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \uparrow$

এই হাইড্রোজেন অবিশুদ্ধ। ইহাকে বিশুদ্ধিকরণের জন্য প্রথমে উত্তপ্ত CuO-যুক্ত একটি নলের মধ্য দিয়া চালনা করা হয় ; ফলে সংশ্লিষ্ট অক্সিজেন জলে পরিণত হয়। পরে ইহাকে অনার্দ্র KOH-যুক্ত একটি নলের মধ্য দিয়া চালিত করা হয় ; ফলে, অম্লধর্মী কলুষ পদার্থগুলি যেমন CO_2, SO_2 ইত্যাদি শোষিত হইয়া যায়। পরে ইহাকে গাঢ় $KMnO_4$ দ্রবণ এবং তৎপরে $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়া চালনা করা হয় ; ফলে, H_2S সম্পূর্ণ দূরীভূত হয়। সর্বশেষে হাইড্রোজেন গ্যাসকে জলীয় বাষ্প মুক্ত করার জন্য অনার্দ্র $CaCl_2$ বা অনার্দ্র P_2O_5-যুক্ত নলের মধ্য দিয়া চালনা করার পর ইহা বিশুদ্ধ পারদপূর্ণ গ্যাসজারে পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

(ii) পরীক্ষাগারে প্রয়োজনমত হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহারের একটি স্থায়ী উৎসরূপে **কিপস্ যন্ত্র** (Kipp's apparatus) ব্যবহার করা হয়। সাধারণ



চিত্র নং 11·3

অবস্থায় যন্ত্রটি দুইটি অংশে A ও B'তে বিভক্ত (চিত্র নং 11·3) ; যুক্ত করিলে উহার পূর্ণাংগ রূপ C। প্রথমে যন্ত্রটির A ও B অংশ বিযুক্ত করা হয় এবং B অংশটিকে কাত করিয়া উপরিস্থ গোলকে কিছু জিংকের ছিবড়া প্রবিষ্ট করানো হয় ; পরে A বা ফানেল অংশটি যুক্ত করিয়া উহা যন্ত্রসজ্জা C রূপে আনা হয়। এখন উপরের ফানেল হইতে লঘু H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করিলে উহা যন্ত্রটির সর্বনিম্নস্থ অর্ধ গোলক পূর্ণ করিয়া ধীরে ধীরে মধ্যমাংশের গোলকে Zn-এর সংস্পর্শে আসে ও হাইড্রোজেন বিমুক্ত হয় ;

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \uparrow$$

উৎপন্ন H_2, E নির্গম-নল পথে বাহির হইতে থাকে। যখন H_2-এর প্রয়োজন থাকে না, তখন E নির্গম-নলের চাবী বন্ধ করিলে, উৎপন্ন H_2, C গোলকে জমিয়া চাপ সৃষ্টি করে ; ফলে, অ্যাসিডতল গ্যাসচাপে Zn হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় ও বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায় (চিত্র নং 11·3)। আবার রুদ্ধ H_2-কে নির্গম-নল দ্বারা বাহির হইতে দিলে, গ্যাসচাপ মুক্ত হয় ও অ্যাসিডতল আবার উঠিয়া Zn-এর সংস্পর্শে H_2 উৎপন্ন করিতে থাকে।

পরীক্ষাগারে Zn ও H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে—

(i) জিংকের ছিবড়া অর্থাৎ কিছু অশুদ্ধি মিশ্রিত জিংকই ব্যবহার্য, কারণ অতি বিশুদ্ধ Zn সহজে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না।

(ii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডই ব্যবহার্য, কারণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জারক পদার্থ এবং Zn এর সহিত বিক্রিয়ায় H_2 এর পরিবর্তে, SO_2 উৎপন্ন হয় [$Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+SO_2+2H_2O$].

□ ক্ষার হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

যে সকল ধাতুর অক্সাইড উভধর্মী, ঐ ধাতুগুলি যথা, Al, Zn, Sn, Pb, উষ্ণ ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Zn+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2\uparrow$$
$$Sn+2NaOH=Na_2SnO_2+H_2\uparrow$$
$$Pb+2NaOH=Na_2PbO_2+H_2\uparrow$$
$$2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2+3H_2\uparrow$$

সিলিকন, অধাতু হইলেও, ইহাও উষ্ণ ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Si+2KOH+H_2O=K_2SiO_3+2H_2\uparrow$$

□ হাইড্রোজেনের শিল্প প্রস্তুতি (Industrial preparation of Hydrogen) :

সাধারণত তিনটি পদ্ধতিতে হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদন হইয়া থাকে।

(i) **ক্ষারীয় জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ**—বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড-যুক্ত দ্রবণকে, নিকেল তড়িৎদ্বারযুক্ত কোষে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া, ক্যাথোড দ্বারে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

বিক্রিয়া : $Ba(OH)_2 \rightleftharpoons Ba^{++}+2OH^-$

ক্যাথোডে, $Ba^{++}+2e=Ba$

$$Ba+2H_2O=Ba(OH)_2+H_2\uparrow$$

অ্যানোডে, $2OH^- = 2OH+2e$

$$2OH = H_2O+O$$
$$O+O = O_2\uparrow$$

তড়িৎ সুলভ হইলে, এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সুলভ ও বিশুদ্ধতম।

(ii) **লেন পদ্ধতি** (Lane Process)—এই পদ্ধতিতে রিটর্টে গৃহীত লৌহ চূর্ণকে উত্তপ্ত (600—850°C) করিয়া উহার উপর স্টীম চালনা করা হয়। স্টীম বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া—

$$3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{ফেরেসোফেরিক অক্সাইড}}{Fe_3O_4} + 4H_2\uparrow$$

বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন লৌহের অক্সাইডকে 'ওয়াটার গ্যাস' (water gas : $CO+H_2$) যোগে বিজারিত করিয়া পুনরায় লৌহরূপে ব্যবহারোপযোগী করা হয়।

বিক্রিয়া : $Fe_3O_4+4CO \rightleftharpoons 3Fe+4CO_2$

(iii) **বস পদ্ধতি** (Bosch process)—এই পদ্ধতিতে শ্বেততপ্ত কার্বনের উপর প্রথম স্টীম চালনা করিয়া 'ওয়াটার গ্যাস' উৎপন্ন করা হয়। পরে ঐ মিশ্রটিকে নিকেলযুক্ত ফেরিক অক্সাইড অনুঘটকের উপর চালিত করিলে মিশ্রটির কার্বন মনোক্সাইড অংশ কার্বন ডায়ক্সাইডে পরিণত হয় ; সর্বশেষে মিশ্রটিকে চাপযোগে জলে চালনা করিলে CO_2 দ্রবীভূত হয় ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। বিক্রিয়া—

$$C + H_2O \rightleftharpoons \underbrace{CO + H_2}_{\text{ওয়াটার গ্যাস}}$$

$$2(CO+H_2)+O_2 \overset{\text{অনুঘটক}}{=} 2CO_2+2H_2$$

$$2CO_2+H_2 \xrightarrow[\text{জলে প্রবাহিত}]{\text{চাপযোগে}} [2CO_2 \text{ দ্রবীভূত}]+2H_2\uparrow$$

(iv) পেট্রোলিয়াম শোধনাগার হইতে প্রাপ্ত হাইড্রোকার্বনকে অনুঘটক যোগে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। বিক্রিয়া—

$$C_2H_6 \rightarrow 2C+3H_2\uparrow$$

(v) লবণ-জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া, NaOH উৎপাদন কালে H_2 সহোৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া : $NaCl \rightleftharpoons Na^++Cl^-$

অ্যানোডে, $Cl^- - e = Cl.$ $\quad 2Cl = Cl_2\uparrow$

ক্যাথোডে, $H_2O = H^+ + OH^-$

$H^+ + e = \frac{1}{2}H_2\uparrow \quad Na^+ + OH^- = NaOH$

□ হাইড্রোজেনের ধর্ম (Properties of Hydrogen) :

হাইড্রোজেন সরলতম পারমাণবিক গঠনের মৌল। ইহার নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন ও বহিঃকক্ষে একটি ইলেকট্রন থাকে। পর্যায় সারণীতে (Periodic table) অধাতু হাইড্রোজেনের স্থান সাধারণত সপ্তম 'গ্রুপের' প্রথম মৌল হিসাবে (দ্বিতীয় খণ্ড দ্রষ্টব্য) গণ্য করা হয়। কিন্তু হাইড্রোজেনের প্রথম গ্রুপের মৌলগুলির সহিতও

সাদৃশ্য আছে। সেই কারণে, অন্যমতে, হাইড্রোজেনকে প্রথম গ্রুপের মৌল হিসাবেও গণ্য করা যায়। বস্তুত, হাইড্রোজেন মৌল সাদৃশ্যে অনন্য এবং কোন নির্দিষ্ট 'গ্রুপে'ই ইহাকে নির্দেশ করা বিতর্কিত।

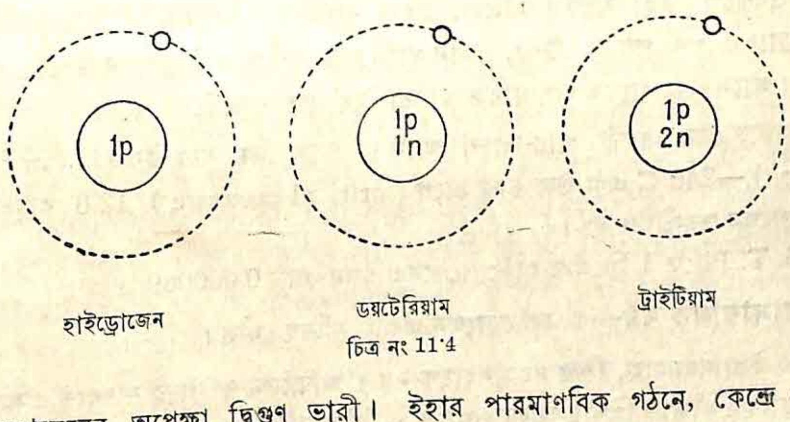
হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1। ইহা তড়িৎ-যোজ্যতা (electro-valency), সম-যোজ্যতা (co-valency) ও কো-অর্ডিনেট যোজ্যতা—তিন প্রকার যোজ্যতার দ্বারাই যৌগ গঠনে অংশ গ্রহণ করে (দ্বিতীয় খণ্ড দ্রষ্টব্য)।

হাইড্রোজেন পরমাণু সরলতম এবং লঘুতম পরমাণু বলিয়া পারমাণবিক ওজন, যোজ্যতা, তুল্যাংকভার প্রভৃতির এককরূপে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেনের আইসোটোপ :

সাধারণ হাইড্রোজেন ছাড়াও হাইড্রোজেনের দুইটি একস্থানিক রূপ বা আইসোটোপ (isotope) পাওয়া যায় :—

(i) **ডয়টেরিয়াম** বা **ভারী হাইড্রোজেন** (Deuterium or Heavy hydrogen) : ডয়টেরিয়াম রাসায়নিক ধর্মে সাধারণত হাইড্রোজেনের সহিত অভিন্ন কিন্তু নানা ভৌত ধর্মে পৃথক। ইহার পারমাণবিক ওজন 2, অর্থাৎ সাধারণ



হাইড্রোজেন ডয়টেরিয়াম ট্রাইটিয়াম

চিত্র নং 11·4

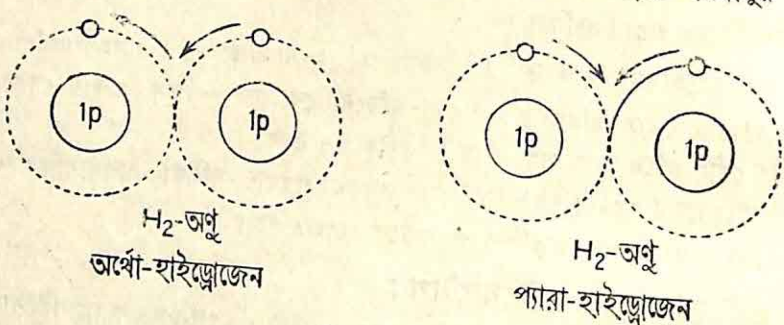
হাইড্রোজেনের অপেক্ষা দ্বিগুণ ভারী। ইহার পারমাণবিক গঠনে, কেন্দ্রে একটি প্রোটন ও একটি নিউট্রন এবং বহিঃকক্ষে একটি ইলেকট্রন থাকে।

(ii) **ট্রাইটিয়াম** (Tritium) : ট্রাইটিয়াম রাসায়নিক ধর্মে সাধারণ হাইড্রোজেনের সহিত অভিন্ন কিন্তু নানা ভৌত ধর্মে পৃথক। ইহা তেজস্ক্রিয়। ইহার পারমাণবিক ওজন 3। ইহার পারমাণবিক গঠনে—কেন্দ্রে একটি প্রোটন ও দুইটি নিউট্রন এবং বহিঃকক্ষে একটি ইলেকট্রন থাকে। (চিত্র নং 11·4)

হাইড্রোজেনের রূপভেদ :

হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক। হাইড্রোজেন অণুর দুইটি রূপভেদ (allotrope) আছে—ইহাদের **অর্থো-হাইড্রোজেন** (Ortho-hydrogen) ও **প্যারা-**

হাইড্রোজেন (Para-hydrogen) বলা হয়। হাইড্রোজেন অণুর দুইটি পরমাণুরই ঘূর্ণী একমুখী হইলে উহা অর্থো-হাইড্রোজেন অণু সৃষ্টি করে, এবং দুইটি পরমাণুর ঘূর্ণী



চিত্র নং 11.5

বিপরীতমুখী হইলে প্যারা-হাইড্রোজেন অণু সৃষ্ট হয় (চিত্র নং 11.5)। এই দুইটি রূপভেদের ভৌত ধর্ম পৃথক। সাধারণ হাইড্রোজেন, অর্থো ও প্যারা—দুই প্রকার রূপভেদের মিশ্রণ।

ভৌত ধর্ম—হাইড্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস। ইহা জলে অতি অল্প দ্রবণীয়। ইহা লঘুতম বলিয়া, ইহার ব্যাপনহার সর্বাধিক। নিম্নে ধৃত কোন হাইড্রোজেন পূর্ণ পাত্রের উপর, কোন খালি পাত্র ধরিলে হাইড্রোজেন উপরের পাত্রে চলিয়া আসে এবং বায়ুকে অপসারিত করিয়া ঊর্ধ্বে ধৃত পাত্রটিতে জমে।

হাইড্রোজেন একটি প্রায়-আদর্শ গ্যাস। অতি নিম্ন চরম উষ্ণতায় (critical temp.),—240°C এবং উচ্চ চরম চাপে (critical pressure) 12·8 বায়ুচাপে, হাইড্রোজেন তরলীভূত হয়।

S. T. P' তে 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন প্রায় 0·000089 গ্রাম।

রাসায়নিক ধর্ম—● হাইড্রোজেন একটি সক্রিয় মৌল।

● ইহা সহজদাহ্য, কিন্তু দহন সহায়ক নয়। অক্সিজেন বা বায়ুর সংস্পর্শে প্রজ্বলনে হাইড্রোজেন নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে ; বিক্রিয়াটির ফলে জল উৎপন্ন হয় ; ইহা একটি তীব্র তাপদায়ী বিক্রিয়া।*

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 136800 \text{ ক্যালোরি}$$

প্রজ্বলন ছাড়াও, হাইড্রোজেন-অক্সিজেন মিশ্র তড়িৎস্ফুলিংগ যোগে বিস্ফোরিত হইয়া, একই বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন করে।

● হাইড্রোজেন বিজারক পদার্থ এবং অক্সিজেন ঘটিত যৌগকে বিজারিত করিয়া জল উৎপন্ন করে।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O.$$

* এই বিক্রিয়াটিকে ভিত্তি করিয়া অক্সিজেন-হাইড্রোজেন শিখা (oxy-hydrogen torch) ধাতু গালাইবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

● হাইড্রোজেন অধাতু ও ধাতুর সহিত হাইড্রাইড শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন করে।

$$C+2H_2 = CH_4 \;;\quad H_2+Cl_2 = 2HCl$$
$$S+H_2 = H_2S \;;\quad 2Na+H_2 = 2NaH$$
$$N_2+3H_2 = 2NH_3 \;;\quad Ca+H_2 = CaH_2$$

অক্সাইড যৌগগুলির ন্যায় হাইড্রোজেন যৌগগুলিকেও মূলত কয়েকটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—

(i) অম্লধর্মী (HCl, HBr, HCN, HI), (ii) ক্ষারধর্মী (NH_3, PH_3), (iii) প্রশম (H_2O, CH_4), (iv) আন্তর্পরিসর হাইড্রাইড [interstitial hydride ($LaH_{1\cdot57}$)] প্রভৃতি।

● হাইড্রোজেন কিছু কিছু ধাতুর দ্বারা যেমন, প্লাটিনাম, প্যালেডিয়াম প্রভৃতি দ্বারা শোষিত হয়, এবং শোষিত হাইড্রোজেন, শোষক ধাতুটিকে অধিকতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পুনরায় বিমুক্ত হয়। এই ঘটনাটিকে **'হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি'** (occlusion of hydrogen) বলা হয়। প্যালেডিয়ামের এই ক্ষমতা সর্বাধিক। 1 আয়তন প্যালেডিয়াম (কোলয়েডরূপে) প্রায় 2950 আয়তন হাইড্রোজেনকে অন্তর্ধৃত করে।

□ **জায়মান বা সদ্যজ হাইড্রোজেন** (Nascent hydrogen) :

কোনো হাইড্রোজেন যৌগ বিশ্লিষ্ট হইয়া যখন হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, তখন সেই তাৎক্ষণিক নবজাত হাইড্রোজেনকে, 'জায়মান' বা 'সদ্যজ' হাইড্রোজেন বলা হয়। সদ্যজ হাইড্রোজেন, সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা বহুগুণে সক্রিয়। হাইড্রোজেনের একটি মূলধর্ম বিজারণ ; সাধারণ হাইড্রোজেন বিজারকরূপে বহু পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করে। যে সব ক্ষেত্রে সাধারণ হাইড্রোজেন বিজারণে অক্ষম, সেসব ক্ষেত্রে সদ্যজ হাইড্রোজেন বিজারণ করে। ইহা হইতেই সিদ্ধান্ত করা যায়—সদ্যজ হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক।

পরীক্ষা : 1. দুইটি পরীক্ষানলে কিছু পরিমাণ H_2SO_4 যোগে অম্লীকৃত লঘু ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লওয়া হইল। প্রথম নলটিতে, কিপ্‌স্ যন্ত্র হইতে H_2 গ্যাস চালনা করিলে দেখা যায়, দ্রবণটির কোনো পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ গৃহীত ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হয় না।

দ্বিতীয় পরীক্ষানলটিতে, দ্রবণের সহিত কিছু Zn-এর ছিবড়া যোগ করিলে, দ্রবণটি বর্ণহীন হয়। এক্ষেত্রে, যুক্ত Zn, H_2SO_4 এর সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, এবং এই হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গেই ফেরিক ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায়, উহাকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করিয়া দেয়—

$$FeCl_3+H=FeCl_2+HCl.$$

2. দুইটি পরীক্ষানলে H_2SO_4 যোগে অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণ লইয়া পূর্বের পরীক্ষার অনুরূপে, একটিতে কিপ্‌স যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করিয়া ও অপরটিতে Zn-এর ছিবড়া যোগ করিয়া দেখা যায়—প্রথম ক্ষেত্রে $KMnO_4$ এর গোলাপী বর্ণের কোন পরিবর্তন ঘটেনা, কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে সদ্যজ হাইড্রোজেন, অধিক সক্রিয় বলিয়া $KMnO_4$ কে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে—

$$\underset{\text{গোলাপী দ্রবণ}}{2KMnO_4} + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + \underset{\text{বর্ণহীন}}{2MnSO_4} + 8H_2O$$

সদ্যজ হাইড্রোজেন, সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়—ইহার কারণ, সদ্যজ হাইড্রোজেন পারমাণবিক হাইড্রোজেন (H) রূপে থাকে, এবং সাধারণ হাইড্রোজেন—অণু (H_2) রূপে থাকে ; এই পার্থক্যের জন্যই উহাদের সক্রিয়তার পার্থক্য হয়।

□ পারমাণবিক হাইড্রোজেন (Atomic hydrogen) ঃ

হাইড্রোজেনের অণুকে বিভাজিত করিয়া পরমাণুতে রূপান্তরিত করা যায়। এই বিভাজনে প্রতি হাইড্রোজেন অণু প্রায় 1,00000 ক্যালোরি শক্তি শোষণ করে।

$$H_2 \rightleftharpoons 2H$$

সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে টাংস্টেন তড়িৎদ্বার যোগে বৈদ্যুতিক আর্ক সৃষ্টি করিয়া, এইভাবে পারমাণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা যায়। উৎপন্ন H পরমাণুগুলি আবার পুনর্যোজনে H_2 অণু সৃষ্টিকালে শোষিত শক্তি বিনির্গত করিয়া দেয়।

পারমাণবিক হাইড্রোজেনও শক্তিশালী বিজারক পদার্থ।

□ হাইড্রোজেনের ব্যবহার ঃ

- হাইড্রোজেন,—মিথাইল অ্যালকোহল, কৃত্রিম জ্বালানী, অ্যামোনিয়া প্রভৃতির শিল্প উৎপাদনে কাঁচামালরূপে ব্যবহৃত হয়।
- হাইড্রোজেন,—অসংপৃক্ত স্নেহাম্লে (unsaturated fatty acid) নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে চালিত করিলে, তরল স্নেহাম্ল কঠিন কৃত্রিম ঘৃতজাতীয় পদার্থে পরিণত হয় ; এই কৃত্রিম ঘৃতেরই পরিচিত নাম 'বনস্পতি'।
- হাইড্রোজেন—অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া 'অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা' রূপে তীব্র উত্তাপ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

□ হাইড্রোজেনের নিরীক্ষা ঃ

- হাইড্রোজেন অতি লঘু গ্যাস এবং দহনকালে নীলাভ শিখায় জ্বলে।
- হাইড্রোজেন উত্তপ্ত প্যালেডিয়ম যোগে শোষিত হয়।

সংকেত—O
অণু—O_2
পরমাণু ক্রমাংক—8
পারমাণবিক ওজন—16
বহির্কক্ষস্থ ইলেকট্রন—$2s^2 2p^4$
পর্যায় সারণীতে অবস্থান—গ্রুপ VIA

অক্সিজেন (Oxygen)

অক্সিজেন শব্দের অর্থ, 'অম্ল-উৎপাদক' (*oxys*—sour ; *genus*—to produce)। পার্থিব মৌলগুলির মধ্যে অক্সিজেনের অস্তিত্বই সর্বাধিক। ভূত্বকের নানা জাতীয় শিলা, জল এবং নানা খনিজের ইহা প্রধান উপাদান। বায়ুস্তরের সমগ্র আয়তনের এক-পঞ্চমাংশ অক্সিজেন। জল এবং বায়ুরূপে অক্সিজেনের বহুল অস্তিত্বই পৃথিবীতে জীবনের অস্তিত্ব সম্ভব করে। ইহা দহনেরও একটি অবশ্য প্রয়োজনীয় উপাদান।

সপ্তদশ শতাব্দীতে কোন কোন বিজ্ঞানী বায়ুতে অক্সিজেনের মৌলরূপে উপস্থিতি অনুমান করেন। কিন্তু প্রকৃত পরীক্ষাদ্বারা অক্সিজেনের আবিষ্কারের ও উহার অনুশীলনের কৃতিত্ব **শীলে, প্রিস্টলে ও ল্যাভোয়াসিয়ে**—এই তিন বিজ্ঞানীর।

অক্সিজেন প্রস্তুতির মূল উৎস (i) বিভিন্ন শ্রেণীর অক্সাইড যৌগ, (ii) অক্সিঅ্যাসিড লবণ, (iii) জল, (iv) অম্ল ও (v) বায়ু।

□ অক্সিজেনের প্রস্তুতি :

● **অক্সাইড যৌগ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি**—Ag, Hg প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডগুলি তেমন স্থায়ী নহে ; এগুলি তীব্র উত্তপ্ত করিলে, অক্সিজেন বিশ্লিষ্ট হয়।

$$2Ag_2O = 4Ag + O_2\downarrow \; ; \quad 2HgO = 2Hg + O_2\uparrow$$

Pb, Cr, Mn প্রভৃতি ধাতুর যে অক্সাইডগুলিতে ঐ ধাতুগুলি উচ্চতর যোজ্যতাসম্পন্নরূপে থাকে, ঐ অক্সাইডগুলি উত্তপ্ত করিলে ধাতুগুলি নিম্নতর যোজ্যতাসম্পন্নরূপে অক্সাইড গঠন করে ও অক্সিজেন বিমুক্ত হয়।

$$2PbO_2 = 2PbO + O_2\uparrow \; ; \quad 2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2\uparrow$$
$$4CrO_3 = 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow \; ; \quad 3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2\uparrow$$

কিছু ধাতব পারক্সাইড উত্তপ্ত করিলে, অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2BaO_2 = 2BaO + O_2\uparrow$$

ক্ষারীয় ধাতুর পারক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2\uparrow$$

● **অক্সিঅ্যাসিড লবণ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি**—ক্ষারীয় ধাতুর নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে ধাতব নাইট্রাইট ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2\uparrow \; ; \quad 2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2\uparrow$$

অন্যান্য ধাতুর নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2\uparrow$$

ধাতুর ক্লোরেট (ClO_3'), পারক্লোরেট (ClO_4'), হাইপোক্লোরাইট (ClO'), ব্রোমেট (BrO_3'), আয়োডেট (IO_3'), পারমাংগানেট (MnO_4'), ডাইক্রোমেট (Cr_2O_7'')—এগুলি তীব্র উত্তপ্ত করিলে, অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2\uparrow$ [* MnO_2 অনুঘটকের সংস্পর্শে]

$KClO_4 = KCl + 2O_2\uparrow$

$2Ca(OCl)Cl = 2CaCl_2 + O_2\uparrow$ [* কোবল্ট লবণ অনুঘটকের সংস্পর্শে]
ব্লিচিং পাউডার

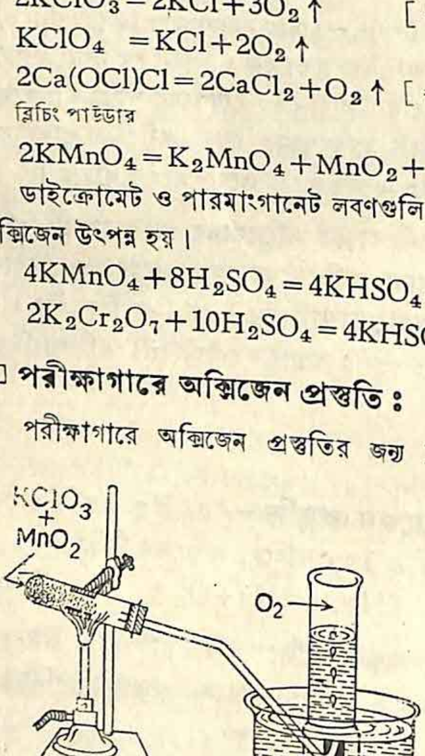
$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$

ডাইক্রোমেট ও পারমাংগানেট লবণগুলি গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করিলে, অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$4KMnO_4 + 8H_2SO_4 = 4KHSO_4 + 4MnSO_4 + 6H_2O + 5O_2\uparrow$$
$$2K_2Cr_2O_7 + 10H_2SO_4 = 4KHSO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 8H_2O + 3O_2\uparrow$$

□ পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতির জন্য 11·6 নং চিত্রানুযায়ী যন্ত্রসজ্জায় একটি নির্গম-নলযুক্ত শক্ত কাচ নলে পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইডের একটি মিশ্র (4 : 1) লইয়া তীব্র উত্তপ্ত করা হয় এবং উৎপন্ন অক্সিজেনকে জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র নং 11.6

$$2KClO_3\,[+MnO_2] = 2KCl + 3O_2\uparrow[+MnO_2]$$

এই বিক্রিয়ায় MnO_2-এর পরিমাণ ও ধর্ম বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে অপরিবর্তিতই থাকে এবং উহা কেবলমাত্র বিক্রিয়াটিকে সহজে ও দ্রুতগতিতে সম্পন্ন করে ; অর্থাৎ MnO_2 এই বিক্রিয়ায় অনুঘটকের* (catalyst) ভূমিকা গ্রহণ করে।

---

* **অনুঘটন ও অনুঘটক :** বহু রাসায়নিক বিক্রিয়া, সামান্য মাত্রায় বিক্রিয়ক ভিন্ন অন্য একটি পদার্থের সংস্পর্শে বা উপস্থিতিতে প্রভাবিত হয় অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি স্বাভাবিক হার অপেক্ষা দ্রুতগতিতে বা শ্লথগতিতে ঘটিতে থাকে, কিন্তু প্রভাবক পদার্থটির রাসায়নিক সংযুতি বা মাত্রার কোন পরিবর্তন ঘটে না ; এইরূপ ঘটনাকে, **অনুঘটন** (catalysis) ও প্রভাবক পদার্থটিকে **অনুঘটক** (catalyst) বলা হয়।

MnO_2 যোগ না করিলে, পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজনটি দুইটি স্তরে ঘটে ও উচ্চতর উষ্ণতার প্রয়োজন হয়।

$$\text{(i)}\quad 4KClO_3 \overset{380^\circ C}{=} KCl + 3KClO_4$$

$$\text{(ii)}\quad KClO_4 \overset{630^\circ C}{=} KCl + 2O_2$$

যখন কোন অনুঘটক উহার উপস্থিতি দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বাভাবিক হারকে দ্রুততর করে, তখন অনুঘটকটিকে—**পরা-অনুঘটক** (positive catalyst) বলা হয়।

উদাহরণ: $KClO_3$ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতিতে MnO_2 একটি পরা-অনুঘটক ;
SO_2 হইতে SO_3 প্রস্তুতিতে Pt বা V_2O_5 পরা-অনুঘটক।

যখন কোন অনুঘটক উহার উপস্থিতির দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বাভাবিক হারকে শ্লথতর বা বিলম্বিত করে, তখন অনুঘটকটিকে **অপরা-অনুঘটক** (negative catalyst) বলা হয়।

উদাহরণ: H_3PO_4, H_2O_2-এর সহিত যুক্ত করিয়া রাখিলে উহা H_2O_2-এর স্বাভাবিক বিযোজনকে বিলম্বিত করে ; এক্ষেত্রে H_3PO_4, অপরা-অনুঘটক।

যখন কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, কোনো বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ নিজেই অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করিতে থাকে, তখন ঐ পদার্থটিকে **স্বয়ং-অনুঘটক** (auto-catalyst) বলা হয়।

$KMnO_4$ জারক পদার্থ ও অক্সালিক অ্যাসিড বিজারক পদার্থ: শুধু $KMnO_4$ ও অক্সালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া করিলে উহা প্রথমে শ্লথগতিতে হইতে থাকে, পরে দ্রুত হয়—

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

কিন্তু অক্সালিক অ্যাসিডে কিছু ম্যাংগানাস লবণ (Mn^{++} আয়ন) পূর্বাহ্নে যুক্ত করিয়া $KMnO_4$ যোগে বিক্রিয়া করিলে প্রথম হইতেই বিক্রিয়াটি দ্রুত হয়। সিদ্ধান্ত করা যায়, Mn^{++} আয়ন অনুঘটক রূপে বিক্রিয়াটি দ্রুত করে। প্রথম পরীক্ষায় Mn^{++} আয়ন যুক্ত না করার জন্য প্রথমে বিক্রিয়াটি শ্লথ থাকে, পরে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কিছু $MnSO_4$ সঞ্চিত হইতে হইতেই, ঐ Mn^{++} আয়ন অনুঘটকের ভূমিকায় বিক্রিয়াটিকে দ্রুত করে। এক্ষেত্রে উৎপন্ন $MnSO_4$ স্বয়ং-অনুঘটক।

অনুঘটকের লক্ষণ:

(i) অনুঘটক বিক্রিয়ার গতিকে প্রভাবিত করে কিন্তু নিজে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না বলিয়া—উহার ভর ও রাসায়নিক ধর্ম, বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে একই থাকে।

(ii) সামান্য পরিমাণ অনুঘটকই বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করার পক্ষে যথেষ্ট।

(iii) অনুঘটক কোন বিক্রিয়ার সূত্রপাত করিতে পারে না—যে বিক্রিয়া বাস্তবে প্রকৃতই ঘটে ঐ বিক্রিয়ার গতিকেই মাত্র প্রভাবিত করিতে পারে।

(iv) কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা, অনুঘটক যোগে পরিবর্তিত হয় না।

(v) অনুঘটকের প্রকৃতি, বিক্রিয়ার প্রকৃতির উপর নির্ভর করে ; অর্থাৎ এক বিক্রিয়ার অনুঘটক, অন্য বিক্রিয়ায় আদৌ অনুঘটক রূপে কাজ করে না। অনুঘটক কিছু কিছু পদার্থের প্রতি বিশেষ স্পর্শাতুর। যেমন ধূলিকণা, SO_2, HCN, $(CN)_2$, As_2O_3 প্রভৃতির সংস্পর্শে অনুঘটকের ক্ষমতা হ্রাস, এমন কি কোন কোন ক্ষেত্রে স্তব্ধও হইয়া যায়। ঐ সব পদার্থগুলিকে 'অনুঘটক বিষ' (catalyst-poison) বলা হয়।

● **উদ্দীপক (Promoter):** অনুঘটক বিষের বিপরীতে কিছু কিছু পদার্থ অনুঘটকের স্বাভাবিক ক্রিয়াকে বর্ধিত করে। এগুলিকে **উদ্দীপক** বলা হয়।

যে সকল পদার্থের নিজের অনুঘটক ধর্ম নাই, কিন্তু অন্য অনুঘটকের সহযোগে প্রযুক্ত হইয়া অনুঘটকটির স্বাভাবিক ক্রিয়াকে বিবর্তিত করে, উহাকে উদ্দীপক বলা হয়।

হেবার পদ্ধতিতে, অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে—আয়রণ চূর্ণ, অনুঘটক এবং মলিবডেনাম চূর্ণ উদ্দীপক রূপে ব্যবহৃত হয়।

MnO_2 যোগ করিলে পটাসিয়াম ক্লোরেট নিম্ন উষ্ণতায় সহজে বিযোজিত হয়।

$$2KClO_3+[MnO_2] \overset{200-340°C}{=} 2KCl+3O_2\uparrow+[MnO_2]$$

পরীক্ষাগারে পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাংগানিজ ডায়কসাইড যোগে অক্সিজেন প্রস্তুতির জন্য যে পদ্ধতি অনুসৃত হয়, ঐ পরীক্ষায় MnO_2 যে সত্যই অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করে, তাহা একটি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়।

একটি পরীক্ষানলে, $KClO_3$ ও MnO_2 এর মিশ্র (4 : 1) অনুপাতে ওজন করিয়া, যথারীতি উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করা হইল। বিক্রিয়ার শেষে, (O_2 উৎপাদন শেষ হইবার পর,) শক্ত কাচনলটির মধ্যস্থ পদার্থকে বাহির করিয়া একটি বীকারে রাখিয়া জল যোগ করা হইল এবং উৎপন্ন দ্রবণকে একটি ওজন করা ফিল্টার কাগজ যোগে পরিস্রাবণ করা হইল। ফিল্টার কাগজের উপর অদ্রাব্য MnO_2 সংগৃহীত হইবে। ইহাকে কয়েকবার ধৌত করিয়া, পরে ফিল্টার কাগজটিকে শুষ্ক করিয়া, ওজন করা হইল। দেখা যাইবে, প্রাপ্ত MnO_2 এর ওজন, আদিতে গৃহীত MnO_2 এর সহিত ওজনে অভিন্ন। এই MnO_2 পুনরায় আরেকটি $KClO_3$ হইতে O_2 প্রস্তুতিতে অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা যায়। ইহ হইতে প্রমাণিত হয়—বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে MnO_2, ওজনে ও ধর্মে অপরিবর্তিত থাকিয়া যায় এবং বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ না করিয়া কেবলমাত্র O_2 উৎপাদনের বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করে এবং একই MnO_2 বারংবার অনুঘটক রূপে ব্যবহার করা যায়।

O_2 প্রস্তুতিতে, সহোৎপন্ন পদার্থ যে KCl—তাহাও প্রমাণ করা যায়। পূর্বে বর্ণিত পরীক্ষায়, MnO_2 পৃথক করিবার পর, যে পরিস্রুত দ্রবণ পাওয়া যায় উহাতে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে, সাদা AgCl এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহা প্রমাণ করে, বিক্রিয়ায় একটি ক্লোরাইড (KCl) সহোৎপন্ন হইয়াছে।

● **জল হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি :—**(i) বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে, তড়িৎ-কোষে নিকেল তড়িৎদ্বার যোগে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে, ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2H_2O=2H_2\uparrow+O_2\uparrow$$

সহজে এবং সুলভে এই উপায়ে **বিশুদ্ধ অক্সিজেন** পাওয়া যায়।

(ii) লোহিততপ্ত সিলিকানির্মিত নলের মধ্য দিয়া স্টীম ও ক্লোরিনের মিশ্র চালিত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়; উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রটিকে জলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবীভূত হইয়া যায় ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।

$$2H_2O+2Cl_2 = 4HCl+O_2\uparrow$$

● **অম্ল হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি—**HNO_3 ও H_2SO_4—এই দুইটি অক্সি-অ্যাসিড হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায়। পূর্বোক্ত অ্যাসিডগুলি ফোঁটায় ফোঁটায় তীব্র উত্তপ্ত ঝামাপাথরের উপর ফেলিলে, উহারা বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে; উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রকে জলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে সহোৎপন্ন NO_2 বা SO_2 দ্রবীভূত হইয়া যায় ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।*

$$4HNO_3 = 4NO_2+2H_2O+O_2\uparrow$$
$$2H_2SO_4 = 2SO_2+2H_2O+O_2\uparrow$$

* H_2SO_4 ও HNO_3 যে অক্সিজেনঘটিত যৌগ অর্থাৎ উহাদের অণুতে যে অক্সিজেন বর্তমান থাকে, উপরোক্ত পরীক্ষাটি তাহাই প্রমাণ করে।

● বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি—অক্সিজেনের শিল্প প্রস্তুতি (Industrial Preparation of Oxygen):

সাধারণ বায়ুর উপাদান 4 ভাগ নাইট্রোজেন ও 1 ভাগ অক্সিজেন ; ইহার সহিত কিছু পরিমাণ কার্বন ডায়ক্সাইড, জলীয় বাষ্প ও কিছু নিষ্ক্রিয় গ্যাসবর্গ (মূলত আর্গন) থাকে। সাধারণ বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প ও CO_2 অপসারণ করিয়া, ঐ বায়ুকে 'বায়ু তরলীকরণ' যন্ত্রে তরলীকরণ প্রক্রিয়ায়, একটি অতি শীতল তরল পদার্থে পরিণত করা হয়। এই 'তরল বায়ু' (liquid air) বস্তুত তরল নাইট্রোজেন (স্ফুটনাংক $-95{\cdot}7°C$) ও তরল অক্সিজেনের (স্ফুটনাংক : $-182{\cdot}9°C$) সাধারণ মিশ্র। তরল বায়ুকে, ক্লড প্রণালীতে (Claude's process) আংশিক বাষ্পীভবন (fractional evaporation) করিলে, অধিক উদ্বায়ী তরল নাইট্রোজেন প্রথমে বাষ্পে পরিণত হয় ও অবশিষ্ট রূপে তরল অক্সিজেন পাওয়া যায় ; এই তরল অক্সিজেনের বাষ্পীভবন করিলে পরে গ্যাসীয় অক্সিজেন পাওয়া যায়।

□ অক্সিজেনের ধর্ম (Properties of Oxygen):

অক্সিজেন মৌলের পরমাণু-ক্রমাংক 8। ইহার পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 8-টি প্রোটন ও 8-টি ইলেকট্রন থাকে এবং বহিঃকক্ষের প্রথমটিতে 2-টি ও দ্বিতীয়টিতে 6-টি অর্থাৎ মোট 8-টি ইলেকট্রন ($1s^2 2s^2 p^4$) থাকে। ইহা পর্যায় সারণীতে 'ষষ্ঠ গ্রুপে'র (Group VI) প্রথম মৌল। ইহা তীব্র তড়িৎঋণাত্মক মৌল।

অক্সিজেনের যোজ্যতা 2। ইহা তড়িৎ-যোজ্যতা, সম-যোজ্যতা ও কো-অর্ডিনেট-যোজ্যতা—তিন প্রকার যোজ্যতা দ্বারাই যৌগ গঠনে সক্ষম।

অক্সিজেনের পরমাণুকে, আধুনিক রসায়নে—তুল্যাংক, যোজ্যতা ও পারমাণবিক ওজনের এককরূপে গ্রহণ করা হইয়াছে।

সাধারণ অক্সিজেন, তিনটি একস্থানিক অক্সিজেনের মিশ্র—ইহাদের পারমাণবিক ওজনগুলি যথাক্রমে 16, 17 এবং 18।

অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক অর্থাৎ O_2। তিনটি অক্সিজেনের পরমাণু একত্ররূপে, অক্সিজেনের একটি **রূপভেদ** (allotrope) উৎপন্ন করে ; ইহার নাম ওজোন (O_3)। ইহা ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে অক্সিজেন হইতে পৃথক।

ভৌত ধর্ম—অক্সিজেন স্বাদহীন, বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস। ইহা জলে স্বল্প দ্রবনীয় (সাধারণ উষ্ণতায় আয়তন অনুপাতে 3%)। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী। ইহা $-183°C$. উষ্ণতায় তরল হয় ও $-219°C$. উষ্ণতায় কঠিন হয়। তরল ও কঠিন অবস্থায় ইহার বর্ণ নীল এবং তীব্র চুম্বক ধর্মসম্পন্ন।

উত্তপ্ত Ag, অক্সিজেন গ্যাস শোষণ করে ; অধিক উত্তাপে এই শোষিত অক্সিজেন বিমুক্ত হয়। অক্সিজেন, ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে (alkaline pyrogallate) শোষিত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম— ● অক্সিজেন একটি অতি সক্রিয় মৌল।

● ইহা নিজে দাহ্য নয় কিন্তু দহনের সহায়ক। বস্তুত অক্সিজেনের সহিত সংযোগের ফলেই দাহ্য পদার্থগুলির দহন সম্ভব হয়।

● বহু ধাতুর ও অধাতুর, প্রজ্বলন উষ্ণতায় (ignition temp.), অক্সিজেনের সহিত তীব্র বিক্রিয়াসহ দহন ঘটে ও অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$C+O_2 = CO_2 ; \quad S+O_2 = SO_2$$
$$4P+5O_2 = 2P_2O_5 ; \quad 2Mg+O_2 = 2MgO$$

এইভাবে উৎপন্ন অক্সাইডগুলি অম্ল, ক্ষার, প্রশম ইত্যাদি নানা শ্রেণীর হয়।* (ইহাদের বিশদ আলোচনা পূর্বে করা হইয়াছে।) বহু গ্যাসীয় পদার্থ, অক্সিজেনের সহিত দহনে—তীব্র শিখায় জ্বলিতে থাকে।

$$2H_2+O_2 = 2H_2O ; \quad 2CO+O_2 = 2CO_2$$
$$CH_4+2O_2 = CO_2+2H_2O ; \quad 2H_2S+3O_2 = 2H_2O+2SO_2$$

● অক্সিজেন একটি তীব্র জারক পদার্থ। উপরের উদাহরণগুলির প্রতিটিতেই অক্সিজেন জারকরূপে ক্রিয়া করে। যথাযথ অনুঘটকের উপস্থিতিতে অক্সিজেনের জারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় ; যেমন

$$2SO_2+O_2 \underset{\text{অনুঘটক}}{\overset{Pt}{=}} 2SO_3 ; \quad 4NH_3+5O_2 \underset{\text{অনুঘটক}}{\overset{Pt}{=}} 4NO+6H_2O$$

বহু যৌগের দ্রবণকেও অক্সিজেন জারিত করিয়া থাকে ; যেমন,

$$2H_2SO_3+O_2 = 2H_2SO_4$$
$$2HNO_2+O_2 = 2HNO_3$$
$$4FeCl_2+4HCl+O_2 = 4FeCl_3+2H_2O.$$

□ অক্সিজেনের ব্যবহার ঃ

● অক্সিজেন গ্যাস শ্বাসকার্যের জন্য অপরিহার্য। মুমূর্ষু রোগীর শ্বাসকষ্ট লাঘবে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। ডুবুরী, পর্বতারোহণকারী ও আকাশযান বা এরোপ্লেন পাইলটদের শ্বাসকার্যে অক্সিজেন সরবরাহ প্রয়োজন।

● বিভিন্ন ধাতু ও ইস্পাত প্রস্তুতিতে অক্সিজেন ব্যবহার করা হয়।

● নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, পারক্সাইড প্রভৃতি প্রস্তুতিতে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

● জেট প্লেন ও কৃত্রিম উপগ্রহের বিশেষ জ্বালানীর সহিত তরল অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া ব্যবহার করা হয়।

---

* এই নানা শ্রেণীর অক্সাইড উৎপাদনের ধর্মের জন্য, অক্সিজেনের নাম 'অম্ল-উৎপাদক' এই অর্থে সর্বদা সুপ্রযুক্ত নয়।

● অক্সিজেন-হাইড্রোজেন মিশ্র এবং অক্সিজেন-অ্যাসিটিলিন মিশ্র প্রজ্জ্বলন করিলে তীব্র তাপ উৎপন্ন করে। এগুলি 'অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা' (oxy-hydrozen flame) ও 'অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা' নামে ধাতু ঝালাই বা গালাই-এর কার্যে ব্যবহৃত হয়।

☐ **অক্সিজেনের নিরীক্ষা ঃ**

● অক্সিজেন দহনের সহায়ক ; একটি নিভন্ত কাঠিকে অক্সিজেন পুনঃপ্রজ্জ্বলিত করে।

● অক্সিজেন ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা শোষিত হয়।

● বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড (NO) গ্যাস অক্সিজেনের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণ ধারণ করে ও NO_2 উৎপন্ন হয়।

জল
(Water)

পৃথিবীর যাবতীয় যৌগ পদার্থের মধ্যে, জল সর্বাধিক পরিচিত রাসায়নিক যৌগ ও অস্তিত্বেও বিপুলতম। পৃথিবীর তিনভাগ জল ও একভাগ স্থল। প্রাণীদেহ ও উদ্ভিদদেহের মূল উপাদান জল। জল জীবনধারণের অনিবার্য উপাদান। বহু যৌগ এবং খনিজেও যুক্তজল বর্তমান থাকে। 0°C. উষ্ণতার উর্ধ্বে, জল তরল পদার্থ। নানা তরল পদার্থের মধ্যে ইহার দ্রাবক ধর্ম বিশেষ উল্লেখযোগ্য। বহু জৈব, অজৈব এবং কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থকে জল দ্রবীভূত করিয়া থাকে।

সেচের কার্যে, পানীয় রূপে এবং নানা রাসায়নিক ক্রিয়া-বিক্রিয়ায় জলের ভূমিকা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

জলের নানা ভৌত ধর্মকে ভিত্তি করিয়া, পদার্থ বিজ্ঞানে জলকে নানা সংজ্ঞায় একক রূপে গ্রহণ করা হয়।

জল মৌল পদার্থ বলিয়া পূর্বে ভ্রান্ত ধারণা ছিল। জল যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ তাহা পরীক্ষাযোগে প্রমাণ করেন **ক্যাভেণ্ডিস** (1781) ও **ল্যাভোয়াসিয়ে** (1783)।

☐ **জলের অস্তিত্ব ঃ**

জল—(i) কঠিন রূপে—তুষার, বরফ ও কেলাস জলরূপে বর্তমান থাকে।

(ii) তরলরূপে—সাধারণ জল অবস্থায় বর্তমান থাকে।

(iii) বায়বীয় রূপে, 0°C হইতে 100°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পরূপে ও 100°C (সেন্টিগ্রেডের) অধিক উষ্ণতায় স্টীমরূপে বর্তমান থাকে।

প্রকৃতিতে, বৃষ্টি, ঝর্ণা, পুষ্করিণী, হ্রদ, নদী, সমুদ্র—এগুলি জলের উৎস। ভূ-নিম্নেও জল থাকে ; এই জলই নলকূপে পাওয়া যায়। জলের দ্রাবক ধর্মের জন্য বিভিন্ন প্রাকৃতিক জলে সর্বদাই নানা পদার্থ অল্প বিস্তর মাত্রায় দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে।

দ্রবীভূত পদার্থের মাত্রা অল্প হইলে জলকে স্বচ্ছ জল (fresh water) ও অধিক হইলে খনিজ জল (mineral water) বলা হয়। সমুদ্র জলে দ্রবীভূত পদার্থের মাত্রা সর্বাধিক ; ইহাদের মধ্যে দ্রবীভূত সাধারণ লবণের (NaCl) পরিমাণ প্রায় 2·6%।

□ **পানীয় জল ঃ**

জীবনধারণের জন্য জল একটি অপরিহার্য পানীয়। সকল প্রাকৃতিক জলই পানযোগ্য নয়। যে জল পানযোগ্য উহাকে 'পেয় জল' (potable water) বলা হয়। শহর ভিন্ন অন্য অঞ্চলে সাধারণত স্বচ্ছ ও অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ, নদী বা পুষ্করিণীর জল পানীয় রূপে ব্যবহৃত হয়। শহরাঞ্চলে, নিকটস্থ কোনো নদী বা হ্রদের জল বিশুদ্ধিকরণের পর পানীয়রূপে ব্যবহৃত হয়। এই বিশুদ্ধিকৃত জলকে 'শহরের পানীয় জল' (municipal water) বলা হয়।

পানীয় জলের কয়েকটি সর্ত পূরণ প্রয়োজন—

- ইহা ভাসমান পদার্থ, জৈব পদার্থ ও জীবাণুমুক্ত হইতে হইবে।
- ইহার একটি স্বপেয় আস্বাদ থাকিবে ; অর্থাৎ আস্বাদ আনে অথচ শরীরের পক্ষে হানিকর নয় এমন কিছু লবণ (Na, K, Ca, Mg প্রভৃতির লবণ) ও কিছু গ্যাস (বায়ু, CO_2 প্রভৃতি) ইহাতে দ্রবীভূত থাকা বাঞ্ছনীয়।

কোনো প্রাকৃতিক উৎস হইতে (যেমন নদী, হ্রদ ইত্যাদি) জল উপযুক্ত আধারে সংগ্রহ করিয়া, উহাকে ফটকিরি যোগে থিতান হয় ও পরে বালির স্তরের মধ্য দিয়া পরিস্রাবণের জন্য চালনা করা হয় ; এইভাবে ভাসমান পদার্থ ও নানা দ্রব্য বিদূরিত হইয়া জল স্বচ্ছ হয়। এই স্বচ্ছ জলকে পরে—(i) ব্লিচিং পাউডার দ্বারা, (ii) ওজোন (ozone) দ্বারা বা (iii) 'পারদ বাষ্প ল্যাম্পের' (mercury vapour lamp) আলোক দ্বারা জীবাণু মুক্ত করা হয়। এই স্বচ্ছ ও জীবাণুমুক্ত জলই, বড় শহরগুলিতে পানীয় জলরূপে সরবরাহ করা হয়।

□ **নানা শিল্পের জন্য প্রয়োজনীয় জল—বয়লারের জল ঃ**

বিভিন্ন শিল্পের জন্য ও বিশেষ করিয়া বয়লারের জন্য যে জল প্রয়োজন হয়, উহারও পানীয় জলের ন্যায় বিশেষ কয়েকটি সর্ত পূরণ প্রয়োজন—

- ইহা ভাসমান ও অদ্রাব্য পদার্থ হইতে মুক্ত হইবে।
- ইহাতে দ্রবীভূত পদার্থগুলির প্রকৃতি ও পরিমাণ নির্দিষ্ট হইবে অর্থাৎ খরতা (hardness) নির্দিষ্ট হইবে।

প্রাকৃতিক জলে দ্রবীভূত পদার্থের প্রকৃতি অনুযায়ী জলকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। (i) **খরজল** ও (ii) **মৃদু জল**।

- **যে জলে খাদ্যদ্রব্য সহজে সিদ্ধ হয় না এবং যে জলে সহজে সাবানের সহিত ফেনা উৎপন্ন হয় না (বহু পরিমাণে সাবান ব্যবহার করিবার পর ফেনা উৎপন্ন হয়), উহাকে খরজল (hard water) বলা হয়।**

● **যে জলে খাদ্যদ্রব্য সহজেই সুসিদ্ধ হয় এবং যে জলে সহজেই সাবানের সহিত ফেনা উৎপন্ন হয়, উহাকে মৃদুজল (soft water) বলা হয়।**

খরতার কারণ—প্রাকৃতিক জলে নানা ধাতুর লবণ দ্রবীভূত থাকিতে পারে। Na এবং K লবণ বাদে, অন্য যে-কোন লবণ জলে দ্রবীভূত থাকিলে, জল খরজল হইয়া যায়। সাধারণ খরজলে—Ca এবং Mg ধাতুর (i) বাইকার্বনেট লবণ, (ii) ক্লোরাইড লবণ, (iii) সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকে এবং এগুলির উপস্থিতিই খরতার কারণ।

খরতার পরিমাপ ডিগ্রীতে (° hardness) করা হয় ; 1° খরতার অর্থ, প্রতি 10 লক্ষ ভাগ জলে (parts per million সংক্ষেপে, p. p. m.) 1 ভাগ ক্যালসিয়াম কার্বনেট অথবা উহার তুল্যাংকে অন্য খরতাকারী লবণের পরিমাণ বর্তমান থাকে। প্রমাণ সাবান দ্রবণের (standard soap solution) সাহায্যে, অম্লমিতি-ক্ষারমিতির টাইট্রেশনের অনুরূপ পরীক্ষা দ্বারা খরতা নির্ণয় করা হয়।

খরতা দুই প্রকার (i) **অস্থায়ী খরতা** (temporary hardness) (ii) **স্থায়ী খরতা** (permanent hardness)।

যে খরজলে, খরতার কারণ—দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট $[Ca(HCO_3)_2]$, বা ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট $[Mg(HCO_3)_2]$, ঐ খরজলকে **অস্থায়ী খরজল** (temporary hardwater) বলা হয় এবং এই জাতীয় খরতাকে অস্থায়ী খরতা (temporary hardness) বলা হয়। এই জাতীয় খরতা, জলকে স্ফুটন করিলেই দূরীভূত করা যায়।

যে খরজলে, খরতার কারণ—দ্রাব্য $CaCl_2$, $MgCl_2$, $CaSO_4$, $MgSO_4$ প্রভৃতি লবণ, ঐ খরজলকে **স্থায়ী খরজল** (permanent hard water) বলা হয় এবং এই জাতীয় খরতাকে স্থায়ী খরতা (permanent hardness) বলা হয়। এই জাতীয় খরতা, শুধুমাত্র জলকে স্ফুটন করিলেই দূরীভূত করা যায় না।

জলের খরতা দূরীকরণ : খরতা দূরীকরণের মূল নীতি :—
খরতাকারী লবণের ধাতব অংশকে (i) অদ্রাব্য কোনো যৌগরূপে পরিবর্তন, (ii) উপযুক্ত কোনো প্রক্রিয়ায় Na বা H দ্বারা প্রতিস্থাপন।

অস্থায়ী খরতা দূরীকরণ :

● **স্ফুটন**—অস্থায়ী খরজলকে স্ফুটন করিলে খরতাকারী দ্রাব্য বাই-কার্বনেট লবণগুলি, অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত হয়, ফলে খরতা দূরীভূত হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 = \underset{\text{অধঃক্ষেপ}}{CaCO_3\downarrow} + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 = \underset{\text{অধঃক্ষেপ}}{MgCO_3\downarrow} + CO_2 + H_2O.$$

● অস্থায়ী খরজলে উপযুক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়া বা সোডা (Na_2CO_3) যোগ করিলে, বাই-কার্বনেট অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত হয় ও খরতা দূরীভূত হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + 2NaHCO_3$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2NH_4OH = MgCO_3\downarrow + (NH_4)_2CO_3 + 2H_2O$$

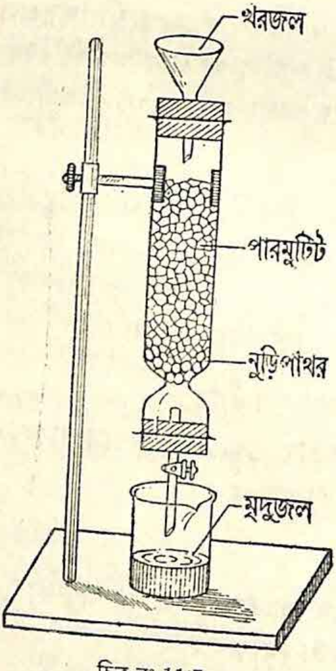
● **পোর্টার ক্লার্ক পদ্ধতি** (Porter-Clark method)—অস্থায়ী খরজলে উপযুক্ত পরিমাণ চুনের জল যোগ করিলে, অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম প্রভৃতির কার্বনেট (অথবা হাইড্রক্সাইড) উৎপন্ন হয় ও খরতা দূরীভূত হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2\downarrow + 2H_2O$$

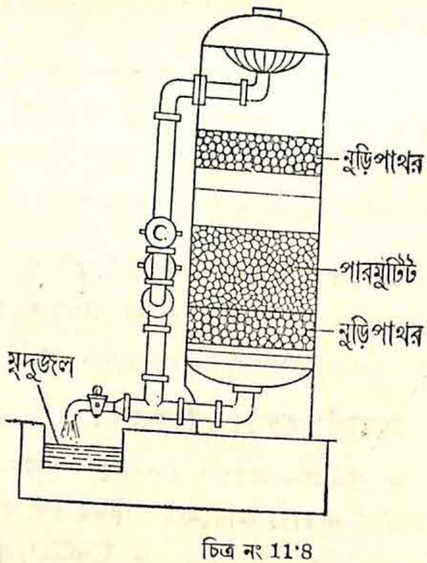
যুক্ত চুনের পরিমাণ অধিক হইলে, উহা আবার খরতার কারণ হয়।

স্থায়ী খরতা দূরীকরণ :

● **পারমুটিট পদ্ধতি** (Permutit process) : সোদক সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট (hydrated sodium aluminium silicate) বা পারমুটিট* (Permutit) যৌগটি প্রাকৃতিক জিওলাইট (zeolite) শ্রেণীর খনিজ ; এই যৌগটি কৃত্রিম উপায়েও প্রস্তুত করা যায়। দ্রাব্য ধাতব লবণযুক্ত কোন



চিত্র নং 11·7



চিত্র নং 11·8

জলীয় দ্রবণ পারমুটিটের চূর্ণের মধ্য দিয়া চালিত করিলে, জলীয় দ্রবণ হইতে ধাতব

* Permutit শব্দের অর্থ 'বিনিময়'।

লবণের ধাতব অংশের ও পারমুটিটের মধ্যস্থ সোডিয়াম অংশের তুল্যাংকের অনুপাতে পারস্পরিক প্রতিস্থাপন ঘটে ; ফলে, সোডিয়াম-যুক্ত পারমুটিট প্রতিস্থাপিত ধাতুর পারমুটিটে (অদ্রাব্য) পরিণত হইয়া যায় এবং জলস্থ আদি ধাতব লবণটি, দ্রাব্য সোডিয়াম লবণে রূপান্তরিত হয়।

Na-পারমুটিট + Ca-লবণ = Ca-পারমুটিট + Na-লবণ

Na-পারমুটিট + Mg-লবণ = Mg-পারমুটিট + Na-লবণ

অস্থায়ী ও স্থায়ী উভয় প্রকার খরতাই পারমুটিটের সাহায্যে দূরীকরণ করা যায়।

প্রকৃত প্রয়োগে, একটি চওড়া কাচ বা ধাতুর স্তম্ভ লওয়া হয়, নলটির নিম্নপ্রান্তে কিছু নুড়ি (gravel) বিছানো থাকে ; নুড়ির উপর পারমুটিট চূর্ণের একটি স্তর ঢালিয়া দেওয়া হয় ও উপরের মুখটি কর্কযোগে বন্ধ করিয়া উহার মধ্য দিয়া একটি ফানেল প্রবিষ্ট করানো হয়। নলটির নিম্নপ্রান্তও অনুরূপ কর্কযোগে বন্ধ করিয়া উহার মধ্য দিয়া একটি নির্গম-নল লাগানো হয় ও নির্গম-নলের নীচে একটি সংগ্রাহক-পাত্র রাখা হয়। (চিত্র নং 11·7 এবং 11·8)

এখন ফানেলের মধ্য দিয়া খরজল ঢালিলে, উহা পারমুটিট স্তরের মধ্য দিয়া ক্ষরিত হইবার কালে, পূর্বোক্ত বিক্রিয়াগুলি ঘটিবে এবং খরতার কারণ দূরীভূত হইবে। নিম্নে সংগ্রাহক পাত্রে যে জল সংগৃহীত হইবে, উহা মৃদুজল।

বারংবার ব্যবহার করার পর, পারমুটিট স্তরটি সম্পূর্ণই Ca ও Mg-পারমুটিটে পরিণত হইয়া যায় এবং তখন উহা আর কার্যোপযোগী থাকে না। এই অবস্থায় উপরের ফানেল হইতে গাঢ় NaCl দ্রবণ ক্ষরিত করা হয় ও বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে ; অর্থাৎ

Ca-পারমুটিট + 2NaCl = Na_2-পারমুটিট + $CaCl_2$

Mg-পারমুটিট + 2NaCl = Na_2-পারমুটিট + $MgCl_2$

ইহার পর ফানেল দিয়া বারংবার বিশুদ্ধ জল ঢালিলে, পারমুটিট স্তরে উৎপন্ন $CaCl_2$ বা $MgCl_2$ ধৌত হইয়া চলিয়া যায় এবং পারমুটিট স্তরটি (Na_2-পারমুটিট-রূপে) পুনরায় সক্রিয় ও ব্যবহারোপযোগী হইয়া ওঠে।

☐ আয়ন বিনিময়কারী রেজিনযোগে খরতা দূরীকরণ :

পারমুটিটের ন্যায় আয়ন বিনিময়ের ক্ষমতাসম্পন্ন একশ্রেণীর সক্রিয় সংশ্লেষিত (synthetic) জৈব যৌগ বর্তমানে খরতা দূরীকরণে বহুল ব্যবহৃত হয়। এই জৈব যৌগগুলিকে 'রেজিন' (resin) বলা হয়।

রেজিন দুই শ্রেণীর—

● **ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়ন বিনিময়কারী রেজিন ;** এগুলির সংগঠনে, $-SO_3H$ মূলক থাকে ; এই $-SO_3H$ মূলকের H^+ অংশটির সহিত খরজলের Ca^{++} বা Mg^{++} আয়নের বিনিময় ঘটে।

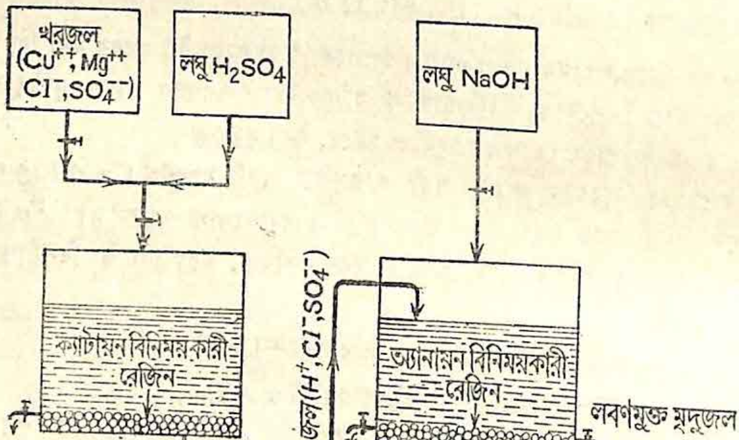
● **অ্যানায়ন বা ঋণাত্মক আয়ন বিনিময়কারী রেজিন ;** এগুলির সংগঠনে $=N-OH$ মূলক থাকে ; এই $=NOH$ মূলকের OH^- অংশের সহিত খরজলের Cl^-, SO_4^{--} প্রভৃতির বিনিময় ঘটে।

দ্রাব্য লবণযুক্ত যে কোন জল রেজিনচূর্ণযুক্ত একটি স্তম্ভের মধ্য দিয়া পারমুটিট স্তরের ন্যায় চালিত করিলে, স্তম্ভনিম্ন হইতে ক্ষরিত জলে কোন ধাতব আয়ন থাকে না, উহা তুল্যাংক পরিমাণ H^+ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যায় অর্থাৎ ক্ষরিত জলে একমাত্র H^+ ক্যাটায়নরূপে থাকে। (চিত্র নং 11·9)

$$\underset{\text{ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন}}{2R-SO_3H} + Ca^{++} \rightarrow \underset{\text{অদ্রাব্য Ca-রেজিন}}{(RSO_3)_2Ca} + 2H^+$$

$$[2R-SO_3H + CaCl_2 \rightarrow (RSO_3)_2Ca+2HCl]$$

এই ক্ষরিত জলকে যদি আবার একটি অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনচূর্ণযুক্ত স্তম্ভের উপর হইতে পুনরায় চালিত করা যায়, জলে বর্তমান অ্যানায়নগুলি (যেমন



চিত্র নং 11·9

Cl^-, SO_4^{--} ইত্যাদি) রেজিনের OH^- অংশকে প্রতিস্থাপন করিয়া থাকে এবং জলে তুল্যাংক পরিমাণে OH^- চলিয়া আসে।

$$\underset{\text{অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিন}}{R-OH} + Cl^- \rightarrow \underset{\text{অদ্রাব্য রেজিন}}{R-Cl} + OH^-$$

$$(R-OH + HCl \rightarrow R-Cl+H_2O)$$

এইভাবে দ্বিতীয় স্তম্ভের নিম্ন হইতে ক্ষরিত জলে একমাত্র, OH^- অ্যানায়নরূপে থাকে ; প্রথম স্তরের বিমুক্ত H^+ আয়ন ও দ্বিতীয় স্তরের বিমুক্ত OH^- আয়ন মিলিত হইয়া বিশুদ্ধ জল উৎপন্ন করে।

$$H^++OH^-=H_2O$$

বস্তুত এই জল অতি বিশুদ্ধ জল এবং বিশুদ্ধ পাতিত জলেরই সমতুল্য। এই পদ্ধতিতে জলকে খরতা শূন্য ও বিশুদ্ধিকরণকে **'জলের লবণমুক্ত করণ'** (demineralisation of water) বলা হয় এবং এই জলকে **লবণমুক্ত জল** (demineralised water) বলা হয়।

ব্যবহারের পর ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনের ও অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনের কার্যকারিতা নষ্ট হইয়া গেলে, যথাক্রমে লঘু H_2SO_4(0·2M) ও লঘু NaOH(0·2M) এবং পরে জল চালনা করিয়া উহাদের পুনরায় পূর্বরূপে ($R-SO_3H$ এবং $R-OH$) ফিরাইয়া আনা যায় ও সক্রিয় করিয়া তোলা যায় ;

বয়লারে খরজলের খরতা দূরীকরণ না করিয়া ব্যবহার করিলে, দ্রবীভূত Ca এবং Mg-এর ক্লোরাইড ও সালফেট লবণগুলি ক্রমশঃ বয়লার গাত্রে অদ্রাব্য কঠিনরূপে জমিতে থাকে ও একটি নিরেট স্তর (scales) গড়িয়া তোলে ; এই স্তর জমিয়া পরে বয়লারে বিস্ফোরণের কারণ হয়। সে কারণে বয়লার জলের খরতা দূরীকরণ অত্যাবশ্যক।

কোন কোন সময়, জলের খরতা দূরীকরণ সম্ভব না হইলে সাধারণ খরজলের সহিত 'সোডিয়াম হেক্সামেটাফসফেট' [$(NaPO_3)_6$] মিশ্রিত করিয়া বয়লারে ব্যবহার করা হয়। এই যৌগটির ধর্ম,—উহা বয়লারে স্তরীভূত Ca ও Mg লবণগুলিকে দ্রাব্য করিয়া দেয় এবং বয়লার বিস্ফোরণের কারণ দূর করে। এই পদ্ধতিতে বয়লার-জল প্রস্তুতিকে **'ক্যালগন পদ্ধতি'** (Calgon process) বলা হয়।

□ জলের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—সাধারণ উষ্ণতায় বিশুদ্ধ জল স্বচ্ছ, বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন তরল পদার্থ। গভীর স্তরে জলের একটি নীলাভ বর্ণ আছে। ইহার হিমাংক 0°C ও স্ফুটনাংক 100°C। 4°C উষ্ণতায় জলের ঘনত্ব সর্বাধিক ; এই উষ্ণতায় 1 সি.সি. জলের ওজনকে, ঘনত্বের ও ওজনের একক ধরা হয়।

জল উদ্বায়ী তরল পদার্থ এবং 0°C হইতে 100°C সকল উষ্ণতায়ই ইহা কমবেশী জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করিয়া, উহার সহিত সাম্যাবস্থায় থাকে।

জল একটি শক্তিশালী দ্রাবক এবং বিভিন্ন জৈব ও অজৈব পদার্থ জলে দ্রবীভূত হয়। জলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের জন্যই জলজ প্রাণীর প্রাণ ধারণ সম্ভব হয়।

---

* **পাতিত জল** (Distilled water) : রাসায়নিক নানা কার্যে এবং ঔষধাদি ও ইন্‌জেকশন প্রস্তুতির জন্য বিশুদ্ধ জলের প্রয়োজন হয়। সাধারণভাবে বিশুদ্ধ জলের জন্য, জলকে সাধারণ পাতনযন্ত্রে ("পরীক্ষামূলক রসায়ন" দ্রষ্টব্য) বাষ্পীভূত করিয়া ও উদ্ভূত বাষ্পকে শীতল করিয়া "পাতিত জল" পাওয়া যায়।

অতি পাতিত জল (Conductivity of water) : রাসায়নিক নানা সূক্ষ্ম পরীক্ষায় যে বিশুদ্ধ জল প্রয়োজন হয়, উহাকে 'অতি পাতিত জল' বলা হয়। বিশেষ পাতনযন্ত্রে, সাধারণ পাতিত জলকে ক্ষার ও পটাশিয়াম পার্মাংগানেট যোগে পাতিত করিয়া ও উদ্ভূত বাষ্পকে শীতল করিয়া 'অতি পাতিত জল' পাওয়া যায়।

জল মূলত সমযোজী যৌগ হইলেও, ইহা অংশত আয়নিত হয়: $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$। জল একটি আয়নকারী দ্রাবক (ionising solvent) এবং বহু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ, জলে আয়নরূপে বিযোজিত হয়—

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- \qquad HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$
$$KOH \rightleftharpoons K^+ + OH^- \qquad K_2SO_4 \rightleftharpoons 2K^+ + SO_4^{--}$$

জলে দ্রবণকালে, কিছু পদার্থ তাপ উৎপাদন করে ও দ্রবণটি উত্তপ্ত হইয়া ওঠে; যেমন—গাঢ় H_2SO_4, কঠিন NaOH, চূর্ণ CaO ইত্যাদি। জলে দ্রবণ কালে কিছু পদার্থ তাপশোষণ করে ও দ্রবণটি শীতল হইয়া যায়; যেমন অ্যামোনিয়াম লবণগুলি।

কিছু কঠিন যৌগ পদার্থে, বিশেষ করিয়া কেলাস (crystals) আকৃতিযুক্ত যৌগে—জলের অণুও যৌগ অণুর সহিত বর্তমান থাকে। এইরূপ যৌগকে সোদক যৌগ (hydrated compound) বলা হয় এবং এইরূপ জলের অণুকে কেলাস জল (water of crystallisation) বলা হয়। উদাহরণ: $CuSO_4, 5H_2O$; $FeSO_4, 7H_2O$; $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ ইত্যাদি। কেলাস জল দূরীভূত করিলে, যৌগটির কেলাস আকৃতি ও বর্ণ বিনষ্ট হয়; কেলাস জল বিদূরিত করার পর যৌগটিকে **'নিরুদক'** (anhydrous form) বলা হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—● জল একটি প্রশম অক্সাইড; ইহার সহিত নির্দেশকের বর্ণভেদ ঘটে না।

● জল বিভিন্ন ধাতুর সহিত বিভিন্ন উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে*। যেমন—

উষ্ণতা	বিক্রিয়াকারী ধাতু
সাধারণ উষ্ণতা	Na, K, Ca, Ba
স্ফুটন উষ্ণতা	Mg, Al
স্টীম উষ্ণতা	Fe

তাড়িত রাসায়নিক ক্রমপঞ্জীর নিম্নস্থ ধাতুগুলি—Au, Pt, Hg প্রভৃতি জলের সহিত কোনো উষ্ণতায়ই বিক্রিয়া করে না।

● জল বিভিন্ন অধাতুর সহিত বিভিন্ন অবস্থায় বিক্রিয়া করে। স্টীম উষ্ণতায় জল—C, Si এবং P দ্বারা বিশ্লিষ্ট হয়।

$$C + H_2O = CO + H_2 \; ; \; Si + 3H_2O = H_2SiO_3 + 2H_2$$
$$2P + 8H_2O = 2H_3PO_4 + 5H_2$$

ফ্লোরিন গ্যাস জলকে বিশ্লিষ্ট করে—

$$2H_2O + 2F_2 = 4HF + O_2$$

Cl, Br ও I জলের সহিত দুইটি করিয়া অম্ল উৎপন্ন করে—

$$H_2O + X_2 = HX + HOX \qquad (X = Cl, Br, I)$$

* হাইড্রোজেনের আলোচনা দ্রষ্টব্য।

● জল আম্লিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অম্ল এবং ক্ষারীয় অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ক্ষার উৎপন্ন করে।

$$\left.\begin{array}{lll} SO_3 & +H_2O & = H_2SO_4 \\ SO_2 & +H_2O & = H_2SO_3 \\ Cl_2O_7 & +H_2O & = 2HClO_4 \\ P_2O_5 & +3H_2O & = 2H_3PO_4 \end{array}\right\} \text{অম্ল}$$

$$\left.\begin{array}{lll} Na_2O & +H_2O & = 2NaOH \\ CaO & +H_2O & = Ca(OH)_2 \end{array}\right\} \text{ক্ষার}$$

● NH_3 গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্ষারে পরিণত হয়—

$$NH_3+H_2O=NH_4OH$$

● সাধারণ বিক্রিয়ায় জল দ্রাবকরূপে ক্রিয়া করিলেও, কোনো কোনো যৌগ পদার্থের সহিত বিক্রিয়ায় জল বিক্রিয়করূপে অংশ গ্রহণ করে এবং যুগ্ম প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে ; এই জাতীয় বিক্রিয়াগুলিকে **আর্দ্র-বিশ্লেষ (hydrolysis)*** বলা হয়।

$$\begin{array}{lllll} AlCl_3 & +3H_2O & = & Al(OH)_3 & +3HCl \\ PCl_3 & +3H_2O & = & H_3PO_3 & +3HCl \\ NCl_3 & +3H_2O & = & NH_3 & +3HOCl \\ Mg_3N_2 & +6H_2O & = & 3Mg(OH)_2 & +2NH_3 \\ CaC_2 & +2H_2O & = & Ca(OH)_2 & +C_2H_2 \\ SO_2Cl_2 & +2H_2O & = & H_2SO_4 & +2HCl \end{array}$$

$$\underset{\text{সাধারণ চিনি বা সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \overset{\text{ইস্ট}}{=} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুক্টোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

□ জলের ব্যবহার :

(i) পানীয়রূপে (ii) ধৌতকার্যে (washing and laundry purpose) (iii) সেচকার্যে, (iv) শীতলীকরণের কার্যে, (v) বয়লারে স্টীম উৎপাদনের কার্যে, (vi) বিশ্লেষণ ও পরীক্ষাগারের কার্যে, (vii) দ্রাবকরূপে দ্রবণ প্রস্তুতি কার্যে এবং (viii) ফটোগ্রাফী ও অন্যান্য বহু শিল্পের কার্যে জলের ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

□ জলের নিরীক্ষা :

● বিশুদ্ধ জলের সাধারণ চাপে হিমাংক 0°C এবং স্ফুটনাংক 100°C।

● বিশুদ্ধ জল নিরুদক কপার সালফেটকে ($CuSO_4$) নীলবর্ণের সোদক কপার সালফেটে ($CuSO_4, 5H_2O$) পরিণত করে।

● বিশুদ্ধ জল সদ্যদহিত কুইকলাইম বা কলিচুনের সহিত তীব্র তাপদায়ী বিক্রিয়া করে। $CaO+H_2O=Ca(OH)_2+$তাপ

● ক্ষারকীয় ধাতুগুলি Na, K ইত্যাদি বিশুদ্ধ জলের সহিত জ্বলিয়া ওঠে।

---

* বিশদ বিবরণ পৃঃ 204 দ্রষ্টব্য।

জলের সংযুতি নির্ধারণ

(Dertermination of composition of water)

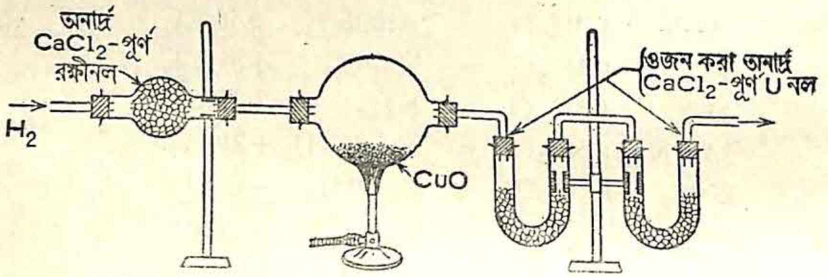
জলের সংযুতি নির্ধারণের জন্য প্রধানত দুইটি পদ্ধতি অনুসৃত হয় :

1. ওজনমাত্রিক প্রণালী (Gravimetric method).
2. আয়তনমাত্রিক প্রণালী (Volumetric method).

☐ ওজনমাত্রিক প্রণালী :

এই পদ্ধতির মূলনীতি হইল জলের উপাদান মৌল দুইটি, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পরের সহিত যে ওজনের অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া জল উৎপাদন করে সেই অনুপাত নির্ধারণ ও উহা হইতে জলের সঠিক সংকেত নির্ণয়।

(i) **ডুমার প্রণালী**—এই পদ্ধতিটি প্রথম প্রয়োগ করেন ডুমা। ডুমার পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত যন্ত্রসজ্জাটি (চিত্র নং 11·10) ব্যবহৃত হয়। ইহাতে CuO-



চিত্র নং 11·10

সহ একটি গোলক থাকে এবং গোলকটির একপ্রান্তে কয়েকটি ওজন করা অনার্দ্র $CaCl_2$-পূর্ণ U-নল যুক্ত থাকে ও অপর প্রান্তে একটি রক্ষী-নল থাকে। রক্ষী-নলের মুখ দিয়া বাহির হইতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হয় ও CuO-যুক্ত গোলকটিকে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত CuO হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জল উৎপন্ন করে ; উৎপন্ন জল ওজন করা $CaCl_2$-U-নলে শোষিত হয়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

ধরা যাক্, পরীক্ষার পূর্বে CuO-যুক্ত গোলকের ওজন $= a$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে CuO-যুক্ত গোলকের ওজন $= b$ গ্রাম

বিমুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $= a - b$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে $CaCl_2$-যুক্ত U-নলের ওজন $= c$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে $CaCl_2$-যুক্ত U-নলের ওজন $= d$ গ্রাম

উৎপন্ন জলের পরিমাণ $= d - c$ গ্রাম

অতএব, সংযুক্ত হাইড্রোজেনের পরিমাণ $= (d-c) - (a-b)$

সুতরাং, $\frac{\text{সংযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{(d-c)-(a-b)}{a-b}=\frac{x}{y}$

প্রকৃত পরীক্ষার ফলে দেখা যায়, $\frac{x}{y}=\frac{1}{8}$

1 গ্রাম হাইড্রোজেন, 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 9 গ্রাম জল উৎপন্ন করে।

এখন জলের বাষ্প ঘনত্ব $=9$ বা, জলের আণবিক ওজন $=18$

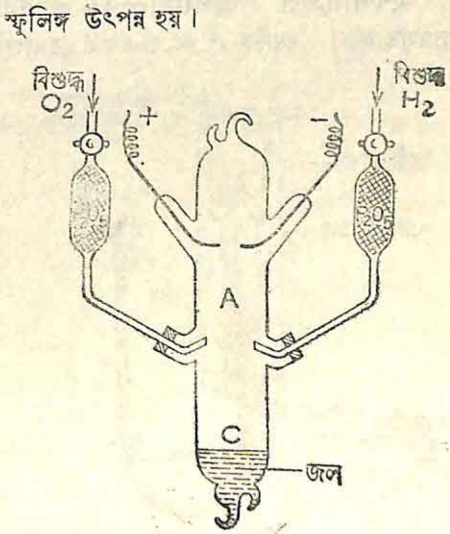
সুতরাং, জলের অণুতে অক্সিজেনের ওজন $=\frac{8}{9}\times 18=16$

এবং হাইড্রোজেনের ওজন $=\frac{1}{9}\times 18=2$

16 ওজন, একটি অক্সিজেনের পরমাণুর স্থচক এবং 2 ওজন, 2টি হাইড্রোজেনের পরমাণুর স্থচক। [পারমাণবিক ওজন অনুপাতে]

অতএব, জলের সঠিক সংকেত $=H_2O$.

(ii) **মর্লির প্রণালী**—ওজনমাত্রিক জলের সংযুতি নির্ধারণের নানা প্রণালীর মধ্যে, মর্লির প্রণালীটিই নির্ভুল। এই পদ্ধতিতে 11·11 নং চিত্রের যন্ত্রসজ্জাটি ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রটিতে, দুই পার্শ্বে দুইটি P_2O_5-পূর্ণ নল থাকে, এই নল দুইটির বাহিরের মুখগুলি যথাক্রমে একটি বিশুদ্ধ অক্সিজেনের উৎস ও একটি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনের উৎসের (শোষিত হাইড্রোজেনসহ একটি প্যালেডিয়ামপূর্ণ গোলক) সহিত যুক্ত থাকে। নল দুইটির অপর প্রান্তের মুখ দুইটি আগম-নল-রূপে একটি কেন্দ্রীয় নল A-র ভিতরে প্রবিষ্ট করানো হয়। কেন্দ্রীয় নলের মধ্যে, আগম-নল দুইটির ঠিক উপরে, দুইটি তড়িৎ-বাহী তার প্রবিষ্ট করানো থাকে ; তার দুইটির ব্যবধান অতি স্বল্প এবং বাহির হইতে তড়িৎ চালনা করিলে, তার দুইটির মধ্যে স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হয়।



চিত্র নং 11·11

পরীক্ষার পূর্বে অক্সিজেন উৎসটিকে ওজন করা হয় ও পরে আবার ওজন করা হয় ; দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন জানা যায়। অনুরূপভাবে পরীক্ষার পূর্বে হাইড্রোজেনযুক্ত প্যালেডিয়াম গোলককে করা হয় এবং পরীক্ষার পরে আবার ওজন করা হয়। দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের ওজন জানা যায়।

পরীক্ষার পূর্বে (অক্সিজেনের ও হাইড্রোজেনের উৎস যোগ করার পূর্বে) সমগ্র যন্ত্রটিকে ওজন করা হয়। ইহার পর কিছু পরিমাণ H_2 এবং O_2 প্রবিষ্ট করা হয় এবং তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ

উৎপন্ন করা হয় ; H_2 এবং O_2, তড়িৎ-স্ফুলিংগের সান্নিধ্যে সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। $2H_2+O_2=2H_2O$

উৎপন্ন জল, কেন্দ্রীয় নলটির নিম্নের C-চিহ্নিত অংশে জমে (C-অংশটিকে আধারে রাখিয়া শীতলও করা যায়)। এইভাবে কিছু সময় পর পর H_2 এবং O_2-এর সম্মিলন ঘটানোর পর, C-তে যথেষ্ট ওজনযোগ্য জল পাওয়া যায়। এখন, পরীক্ষা শেষে গ্যাস উৎসগুলিকে বিচ্ছিন্ন করিয়া সমগ্র যন্ত্রটিকে পুনরায় ওজন করিলে, পরীক্ষা-পূর্ব ও পরীক্ষা-পর দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে উৎপন্ন জলের ওজন পাওয়া যায়।

ধরা যাক্, ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন $= y$ গ্রাম

ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের ওজন $= x$ গ্রাম

$$\therefore \frac{\text{সংযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{x}{y}$$

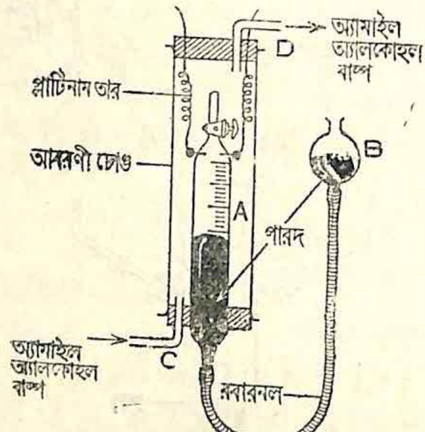
প্রকৃত পরীক্ষার ফলে দেখা যায় $\frac{x}{y}=\frac{1}{8}$ (প্রায়)*

এই অনুপাত হইতে ডুমার পরীক্ষার ন্যায় অনুরূপ যুক্তি দ্বারা (পূর্বে দ্রষ্টব্য) সিদ্ধান্ত করা যায়, জলের আণবিক সংকেত H_2O।

☐ আয়তনমাত্রিক প্রণালী ঃ

এই প্রণালীর মূল নীতি হইল নির্দিষ্ট আয়তন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের তড়িৎ-স্ফুলিংগের সান্নিধ্যে সংযোজন ও উৎপন্ন জলের স্টীমরূপে আয়তন নিরূপণ। এই আয়তন-গুলির অনুপাত নির্ধারণের পর, ঐগুলি হইতে জলের সঠিক সংকেত নিরূপণ করা যায়।

হফম্যানের প্রণালী—এই প্রণালীতে নিম্নের যন্ত্রসজ্জা (চিত্র 11·12) ব্যবহৃত হয়। যন্ত্রটির A অংশ একটি রেখাংকিত লম্বা নল ; উহার মধ্যে স্বল্প ব্যবধানে দুইটি প্ল্যাটিনাম তার অন্তর্প্রবিষ্ট আছে। নলটির উপরাংশ স্টপকক্ বা চাবী দ্বারা খোলা-বন্ধ করা যায় এবং নিম্নাংশ একটি রবার নলসহ B গোলকের সহিত যুক্ত থাকে। B গোলকটি, রবার নল ও উহার দ্বারা সংযুক্ত A-নলের কিছু অংশ পারদপূর্ণ থাকে। A নলটি, একটি আবরণী চোঙের মধ্যে প্রবিষ্ট করানো হয় ; আবরণী চোঙটির নিম্নের C নল দিয়া জল অপেক্ষা উচ্চ স্ফুটনাংকের কোন তরল পদার্থের বাষ্প (যেমন অ্যামাইল



চিত্র নং 11·12

* মর্লির পরীক্ষায়, পরীক্ষালব্ধ প্রকৃত অনুপাত H ঃ O : : 1 : 7·9395

অ্যালকোহল বাষ্প ; স্ফুটনাংক 130°C) চালনা করা হয় ও ঐ বাষ্প D নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায় ; ফলে আবরণী A অংশের উষ্ণতা>100°C থাকে।

পরীক্ষার পূর্বে স্টপকক্ বন্ধ করিয়া A নলের সমগ্র অংশ, রবার নল ও B গোলকের কিছু অংশ পারদপূর্ণ করা হয়। এখন স্টপকক্ খুলিয়া ঐ পথে 2 আয়তন H_2 ও 1 আয়তন অক্সিজেন A নলে পারদের অপসারণ দ্বারা প্রবিষ্ট করানো হয় ও স্টপককটি বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। ইহার পর B গোলকটিকে উঠা-নামা করাইয়া, A নল ও B গোলকের পারদতল সমতলে আনা হয় ; অর্থাৎ গ্যাসমিশ্রটি সাধারণ বায়ু-চাপে রাখা হয় ও এই অবস্থায় মোট গ্যাসায়তন মাপা হয়। এখন তার দুইটির মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করিলে বিস্ফোরণসহ গ্যাস দুইটির সংযোজন ঘটে ও জল উৎপন্ন হয়। পরীক্ষাকালে, A নলটিকে আবরণী চোঙে রাখিয়া উত্তপ্ত অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প চালনা করিলে, উৎপন্ন জল A-নলে স্টীমরূপে থাকিবে। এই অবস্থায় আবার B গোলক ওঠানামা করাইয়া A ও B দুই অংশের পারদতল একই তলে আনিয়া, উৎপন্ন স্টীমের আয়তন পরিমাপ করা হয়।

$$\underset{\text{2 আয়তন}}{2H_2} + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = \underset{\text{2 আয়তন}}{2H_2O}$$

প্রকৃত পরীক্ষার ফলে দেখা যায়, স্টীম উৎপন্ন হইবার পর, আদি আয়তনের $\frac{2}{3}$ সংকোচন ঘটে।

পরীক্ষার ফলে—

2 আয়তন হাইড্রোজেন+1 আয়তন অক্সিজেন=2 আয়তন স্টীম (অনুরূপ চাপে)।

ধরা যাক্, গ্যাসগুলির আয়তন পিছু অণুর সংখ্যা=n (অ্যাভোগাড্রো)।

সুতরাং, $2n$ অণু হাইড্রোজেন+$1n$ অণু অক্সিজেন=$2n$ অণু স্টীম।

বা 2 ,, ,, +1 ,, ,, =2 ,, ,,

বা 2×2 পরমাণু ,, +2 পরমাণু ,, =2 ,, ,,

অর্থাৎ, 1 অণু স্টীমে, 2 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু অক্সিজেন থাকে।

∴ জলের স্থূল সংকেত=$(H_2O)x$

এখন স্টীমের বাষ্প ঘনত্ব=9 বা, স্টীমের আণবিক ওজন=9×2=18

অর্থাৎ $(H_2O)x=18$

[∵ H-এর পাঃ ওঃ=1 এবং O-এর পাঃ ওজন=16]

$(2\times1+1\times16)x=18$

বা, $x=1$

অতএব জলের যথার্থ আণবিক সংকেত=H_2O।

সংযোজন ঃ প্রকৃতিতে তৈল বা স্নেহজাতীয় পদার্থ বা চর্বিরূপে যাহা আমরা দেখিয়া থাকি ঐগুলি রাসায়নিক দিক দিয়া কয়েকটি জৈব স্নেহাম্ল, যথা পামিটিক অ্যাসিড (palmitic acid), ওলিয়িক অ্যাসিড (oleic acid) ও ষ্টিয়ারিক অ্যাসিডের (stearic acid) সহিত গ্লিসারলের (glycerol) মিশ্র যৌগ বা এস্টার (ester)। এইগুলি NaOH বা KOH যোগে আর্দ্র বিশ্লেষণ করিলে, স্নেহাম্লের

লবণ ও গ্লিসারিন উৎপন্ন হয় ; এই স্নেহাম্লের লবণকেই, আমরা **সাবান** (soap) বলি।

তৈল + $NaOH$ = সাবান + গ্লিসারল

উৎপন্ন সাবানকে, লবণ-জল যোগে গ্লিসারল হইতে পৃথক করা হয়।

উৎপন্ন সাবানের সহিত জল যোগ করিলে পুনরায় আর্দ্রবিশ্লেষ ঘটে এবং স্নেহাম্ল ও কষ্টিক সোডা উৎপন্ন হয়। সাবানকে সরলার্থে সোডিয়াম পামিটেট ধরিলে—

$$\underset{\text{সোডিয়াম পামিটেট}}{C_{15}H_{31}COONa} + H_2O \rightleftharpoons NaOH + \underset{\text{পামিটিক অ্যাসিড}}{C_{15}H_{31}COOH}$$

সাম্যাবস্থায় সাবানের দ্রবণে দ্রাব্য সোডিয়াম পমিটেট, পামিটিক অ্যাসিড, $NaOH$ ও জল থাকে—এই মিশ্র অবস্থাকেই আবদ্ধ বায়ু বুদ্বুদসহ সাবানের ফেনারূপে আমরা দেখিয়া থাকি।

জলে Ca, Mg, Al প্রভৃতির লবণ দ্রবীভূত থাকিলে অর্থাৎ খরজল হইলে ঐ জলের সহিত সাবানের বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম পামিটেট, ম্যাগনেসিয়াম পামিটেট বা অ্যালুমিনিয়াম পামিটেট প্রভৃতির লবণ উৎপন্ন হয় ; ফলে, সাবানে ফেনা হয় না।

$$2C_{15}H_{31}COONa + CaCl_2 = (C_{15}H_{31}COO)_2Ca + 2NaCl$$
$$2C_{15}H_{31}COONa + MgSO_4 = (C_{15}H_{31}COO)_2Mg + Na_2SO_4$$

হাইড্রোজেন পারক্সাইড
(Hydrogen Peroxide)

জল ছাড়া, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সম্মিলনে আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড H_2O_2 উৎপন্ন হয়। এই যৌগটি প্রথম আবিষ্কার করেন থেনার্ড (1818)। প্রকৃতিতে, অতি-বেগুনী রশ্মির (ultra-violet rays) সান্নিধ্যে জলের সহিত অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় সামান্য পরিমাণে এই যৌগটি উৎপন্ন হইতে দেখা যায়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড অস্থায়ী যৌগ। ইহা জল ও অক্সিজেনে বিযোজিত হইতে থাকে। প্রকৃতি অনুযায়ী বিভিন্ন অনুঘটক এই বিযোজনকে দ্রুততর বা বিলম্বিত করে।

ক্ষারক ধাতু ও ক্ষারক মৃত্তিকাবর্গের ধাতু অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায়, বিশেষ শ্রেণীর অক্সাইডরূপে ধাতব পারক্সাইড উৎপন্ন করে। এই ধাতব পারক্সাইডগুলি হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতির মূল উপাদান।

□ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি :

বেরিয়াম পারক্সাইড (BaO_2) চূর্ণ একটি পাত্রে লইয়া, উহার সহিত অল্প জল মিশ্রিত করিয়া একটি ক্বাথের (paste) মত করিলে উহা সোদক বেরিয়াম পারক্সাইডে ($BaO_2, 8H_2O$) পরিণত হয় ; ইহার সহিত বরফে শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড

দ্রবণ (1 : 5) যোগ করিলে H_2O_2 উৎপন্ন হয় ও বেরিয়াম সালফেটের অধঃক্ষেপ পড়ে। দ্রবণটি সামান্য অম্লীকৃত হওয়া পর্যন্ত H_2SO_4 যোগ করা প্রয়োজন ; সামান্য H_2SO_4 অতিরিক্তরূপে থাকিলে উৎপন্ন H_2O_2-এর বিযোজন বিলম্বিত হয়।

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + H_2O_2$$

দ্রবণটিকে ছাঁকিয়া $BaSO_4$ পৃথক করিবার পর, পরিস্রুত দ্রবণে 10 – 20 % H_2O_2 পাওয়া যায়।

H_2SO_4-এর পরিবর্তে CO_2 চালনা অথবা H_3PO_4 যোগ করিলেও H_2O_2 উৎপন্ন হয়—

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 \downarrow + H_2O_2$$
$$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 \downarrow + 3H_2O_2$$

BaO_2-এর পরিবর্তে, অন্য পারক্সাইড যেমন Na_2O_2 হইতেও H_2O_2 উৎপন্ন করা যায়—

$$Na_2O_2 + 2NaH_2PO_4 = 2Na_2HPO_4 + H_2O_2$$
$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

□ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের শিল্প প্রস্তুতি :

বরফ শীতল 50% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে উচ্চ তড়িৎ-ঘনত্ব যোগে বিশ্লেষণ করিলে, অবশেষে দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণের মধ্যবর্তী স্তরে পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিড [perdisulphuric acid ($H_2S_2O_8$)] নামে একটি যৌগ উৎপন্ন হয় ; ইহারই আর্দ্রবিশ্লেষ ঘটিয়া, H_2O_2 উৎপন্ন হইয়া থাকে।

বিক্রিয়া : $H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$

ক্যাথোডে, $2H^+ + 2e = H_2$ হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

অ্যানোডে, $2HSO_4^- = \underset{\text{পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2S_2O_8} + 2e$

$$H_2S_2O_8 + 2H_2O \overset{\text{আর্দ্রবিশ্লেষ}}{\rightleftharpoons} 2H_2SO_4 + H_2O_2$$

পুনরুৎপন্ন H_2SO_4 আবার তড়িৎ-বিশ্লেষিত হইতে থাকে ও বিক্রিয়ার পুনরাবর্তন ঘটিয়া দ্রবণে H_2O_2-এর মাত্রা ক্রমশঃই বৃদ্ধি পায়। তড়িৎ কোষে উৎপন্ন এইরূপ দ্রবণকে নিম্নচাপে পাতন করিলে, উৎপন্ন H_2O_2 পৃথক হইয়া সংগৃহীত হয়।

□ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড সাধারণ অবস্থায় স্বচ্ছ বর্ণহীন তরল পদার্থ। গভীর স্তরে ইহার বর্ণ নীল। ঘন দ্রবণে ইহা গাঢ় সিরাপের ন্যায় ; ঘনত্ব 1·46 (0°C), হিমাংক—0·89°C। সাধারণ বায়ুচাপে ইহার গণনালব্ধ

স্ফুটনাংক 151°C। কিন্তু সাধারণ বায়ু চাপে ইহার স্ফুটনকালে বিযোজন ও বিস্ফোরণ ঘটে ; সে কারণে সাধারণ বায়ু চাপে ইহার স্ফুটনাংক নির্ধারণ করা যায় না বা ইহাকে পাতনদ্বারা গাঢ় করা যায় না। নিম্নপ্রেষ পাতন দ্বারা, লঘু জলীয় দ্রবণ হইতে ইহাকে গাঢ় করা হয় ; 68 মি মি. চাপে ইহার স্ফুটনাংক 84°C। ইহা জলের ন্যায় স্বল্প মাত্রায় আয়নিত হয়।

$$H_2O_2 \rightleftharpoons H^+ + HO_2^-$$

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা একটি অস্থায়ী যৌগ এবং বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

বিযোজনটি নানা সূক্ষ্ম ধাতুচূর্ণ, নানা অক্সাইড (SiO_2, Al_2O_3), ক্ষার, তাপ, সূর্যালোক প্রভৃতির উপস্থিতিতে ত্বরান্বিত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফোরিক অ্যাসিড, গ্লিসারিন, অ্যাসেটেনিলাইড প্রভৃতির সংস্পর্শে বিলম্বিত হয়।

● ইহা মৃদু অম্লধর্মী, নীল লিটমাসকে লাল করে এবং ক্ষারকগুলির সহিত পারক্সাইড যৌগ উৎপন্ন করে ; অ্যামোনিয়ার সহিত ইহা অ্যামোনিয়াম হাইড্রো-পারক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$$
$$Na_2CO_3 + H_2O_2 = Na_2O_2 + CO_2 + H_2O$$
$$NH_3 + H_2O_2 = NH_4.O_2H$$

● ইহা বিভিন্ন যৌগের সহিত কেলাস জলের ন্যায়, অণুরূপেও যুক্ত হয়। যথা—$(NH_4)_2SO_4, H_2O_2$; $CO(NH_2)_2, H_2O_2$; $KF.H_2O_2$.

● ইহা একটি শক্তিশালী **জারক** পদার্থ, ইহার জারণ ক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ—

$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$$
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$
$$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$$
$$H_2S + H_2O_2 = 2H_2O + S\downarrow$$
$$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$$
$$NaNO_2 + H_2O_2 = NaNO_3 + H_2O$$
$$2Cr(OH)_3 + 4NaOH + 3H_2O_2 = 2Na_2CrO_4 + 8H_2O.$$

● কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা **বিজারক** পদার্থরূপেও ক্রিয়া করে ; ইহারা বিজারণ ক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ—

$$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$$
$$MnO_2 + H_2SO_4 + H_2O_2 = MnSO_4 + 2H_2O + O_2$$
$$PbO_2 + 2HNO_3 + H_2O_2 = Pb(NO_3)_2 + 2H_2O + O_2$$

$O_3 + H_2O_2 = 2O_2 + H_2O$

$Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$

$NaOBr + H_2O_2 = NaBr + H_2O + O_2$

$$2KMnO_4 + 4H_2SO_4 + 5H_2O_2 = 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

□ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের নিরীক্ষা :

হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণ—

● স্টার্চযুক্ত পটাশিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায়, দ্রবণকে নীল করে।

● অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায়, দ্রবণকে গোলাপী হইতে বর্ণহীন করে।

● দ্রাব্য টাইটেনিয়াম লবণের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায়, দ্রবণকে কমলাবর্ণ করে।

□ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ব্যবহার :

● জারক পদার্থরূপে ; ● পুরাতন তৈলচিত্রের বর্ণ পুনরুদ্ধারের কার্যে ; ● গজদন্ত, রেশম, পালক প্রভৃতির বিরঞ্জকরূপে ; ● বীজাণু নিবারক রূপে ; ● রকেটের জ্বালানীরূপে—ইহা ব্যবহৃত হয়।

□ হাইড্রোজেন পারকক্সাইডের রেখা সংকেত :

হাইড্রোজেন পারক্সাইড অণুতে 2-টি হাইড্রোজেন পরমাণু ও 2-টি অক্সিজেন পরমাণু থাকে ; ইহার আণবিক সংকেত H_2O_2 এবং রেখা সংকেত $H-O-O-H$।

□ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের "আয়তন মাত্রিক শক্তিমাত্রা"

নির্জলা H_2O_2 প্রস্তুত ও ব্যবহার কঠিন। সচরাচর যে H_2O_2 ব্যবহৃত হয়, উহাতে অল্পাধিক জল মিশ্রিত থাকে। এইরূপ জলমিশ্রিত H_2O_2 এতে সঠিক H_2O_2 এর পরিমাণ বুঝাইতে 'আয়তন মাত্রিক শক্তিমাত্রা' যোগে, H_2O_2 এর শক্তি প্রকাশ করা হয়। যেমন, 10 আয়তন H_2O_2 (10 volume H_2O_2), 30 আয়তন H_2O_2 (30 volume H_2O_2) ইত্যাদি। '30-আয়তন H_2O_2' কে 'পারহাইড্রল' (perhydrol) বলা হয়।

N.T.P'তে যে H_2O_2-এর V আয়তনের হইতে নিজ আয়তনের X গুণ অক্সিজেন পাওয়া যায়, ঐ H_2O_2 এর দ্রবণের শক্তিকে $X.V$ বলিয়া প্রকাশ করা হয়।

'10 আয়তন H_2O_2' বলিতে বুঝায়, যে H_2O_2 এর 1 সি.সি হইতে, N.T.P'তে, 10 সি.সি O_2 পাওয়া যায়।

H_2O_2 সর্ব উষ্ণতারই নিম্নরূপে বিযোজিত হয়—

$$2H_2O_2 \quad = \quad 2H_2O + O_2$$

2×34 গ্রাম 22400 সি. সি. (N.T.P.)

100 সি. সি., 10-আয়তন H_2O_2—N.T.P.তে 1000 সি. সি. O_2 দেয়

22400 সি. সি. O_2 উৎপন্ন করিতে, 68 গ্রাম যথার্থ H_2O_2 প্রয়োজন

$\therefore$ 1000 „ „ „ „ $\frac{1000 \times 68}{22400}$

বা 3·035 গ্রাম যথার্থ H_2O_2 প্রয়োজন

অতএব, দ্রবণটির (10-আয়তন) শতকরা মাত্রা—3·035%

অনুরূপ গণনায়, প্রমাণ H_2O_2 দ্রবণ বা (N) H_2O_2 দ্রবণ অর্থে '5·6 আয়তন H_2O_2' কে বুঝায়।

[পৃঃ 125-126 এর উদাহরণ দ্রষ্টব্য]

ওজোন

(Ozone)

ওজোন (O_3), অক্সিজেন মৌলের বহুরূপতা* হইতে জাত একটি রূপভেদ। অক্সিজেন গ্যাসের উপর তড়িৎ মোক্ষণ (electrical discharge) বা অতিবেগুনী রশ্মির (ultraviolet rays) ক্রিয়া ঘটিলে, ওজোন গ্যাস উৎপন্ন হয়। ফলে, ঘূর্ণ্যমান তড়িৎ-যন্ত্রের পরিবেশে, বা ঊর্ধ্ব বায়ুস্তরে ওজোনের অস্তিত্ব† লক্ষ্য করা যায়। কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া—যেমন, ফসফোরাসের বায়ুতে মৃদু জারণ, ফ্লোরিনের সহিত জলের বিক্রিয়া, হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রস্তুতি বিক্রিয়াগুলি প্রভৃতিতে ওজোনের উদ্ভব ঘটে।

ভ্যান মরাম (1785) ওজোনের অস্তিত্বের সহিত পরিচিত থাকিলেও ইহার প্রথম প্রস্তুতি উদ্ভাবন করেন **স্কনবিন** (1840)। **সোরেট** (1866) সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন, ওজোন অক্সিজেনেরই রূপভেদ।

---

* **বহুরূপতা** (Allotropy): কোনো কোন রাসায়নিক মৌল (C, P, S, Si, B, Sn ইত্যাদি) একাধিক রূপে পাওয়া যায়। প্রতিটি রূপই একই মৌল পরমাণু দ্বারা গঠিত হইলেও,—বিভিন্ন রূপের প্রতিটির অণুর মধ্যে পরমাণুর সংখ্যা ও পরমাণুগুলির পারস্পরিক বন্ধনীর পার্থক্য দেখা যায়। ফলে, বিভিন্ন রূপের সক্রিয়তা বিভিন্ন হয় এবং বিভিন্ন রূপের মধ্যে রাসায়নিক ও ভৌত ধর্মের পার্থক্য ঘটে। মৌলের এই বিভিন্ন রূপ অণু গঠন করার ক্ষমতাকে মৌলের **'বহুরূপতা'** (allotropy) বলা হয় এবং বিভিন্ন প্রকারভেদের প্রতিটিকে, মৌলের **'রূপভেদ'** (allotrope) বলা হয়। মৌলের 'রূপভেদের' মধ্যে যেটি সর্বাধিক স্থায়ী ও যাহার বহুল অস্তিত্ব থাকে, ঐটিকে তাহার মৌলরূপ ও অন্যগুলিকে 'রূপভেদ' বলা হয়। যেমন, ওজোন (O_3)—স্থায়ী অক্সিজেনের (O_2) রূপভেদ ; কিন্তু অক্সিজেন, ওজোনের রূপভেদ নয়।

† ঊর্ধ্ব বায়ুমণ্ডলে ওজোনের স্তর, মহাজাগতিক নানা উৎস হইতে আগত ক্ষতিকর তীব্র আল্ট্রাভায়োলেট রশ্মি বহুলাংশে শোষণ করিয়া উদ্ভিদ ও প্রাণীজগতকে রক্ষা করে।

□ ওজোনের প্রস্তুতি :

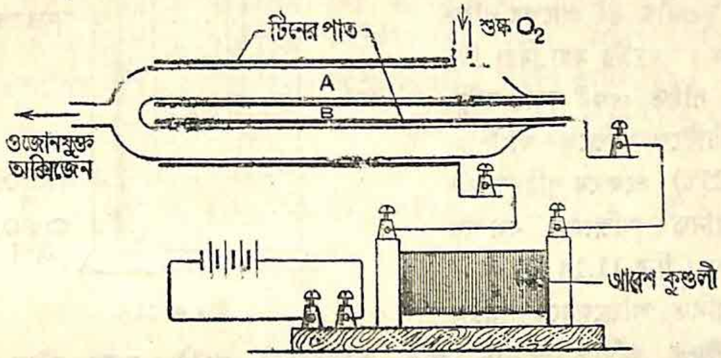
অক্সিজেন বা বায়ুর উপর স্ফুলিংগহীন নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণ (silent electrical discharge) ঘটাইলে, ওজোন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী বিক্রিয়া—

$$3O_2 \rightleftharpoons 2O_3 - 69000 \text{ ক্যালোরি}$$

ওজোন যে যন্ত্রে প্রস্তুত হয়, উহাকে ওজোনাইজার (ozoniser) বলা হয়।

● সিমেন্সের ওজোনাইজার (Siemens' Ozoniser) :

সিমেন্সের ওজোনাইজার যন্ত্রটি 11.13 নং সরলীকৃত চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যন্ত্রটি A ও B দুইটি অনুভূমিক নলের সমষ্টি। ইহার B নলটি ক্ষুদ্রতর ব্যাসযুক্ত ও ইহার একপ্রান্ত বন্ধ। এই প্রান্তটি A নলের মধ্যে অন্তর্প্রবিষ্ট থাকে ; ইহার অপর প্রান্তটি বহির্মুখী। A নল, B নলটির প্রায় সমস্ত অংশই নল-আবরক (jacket) রূপে



চিত্র নং 11.13

চিত্রের ন্যায় ঢাকিয়া রাখে। A নলটির সহিত চিত্রানুযায়ী একটি অক্সিজেন প্রবেশের জন্য আগম-নল এবং ওজনের নিঃসরণপথ রূপে একটি নির্গম-নল যুক্ত থাকে।

A নলটির বহির্গাত্র ও B নলটির অন্তর্গাত্র টিনের পাত দ্বারা আবরিত এবং পাত দুইটি যথাক্রমে একটি আবেশ কুণ্ডলীর (induction coil) দুই প্রান্তে যুক্ত করা হয়। এখন A-র মধ্য দিয়া অক্সিজেন চালনা ও একইকালে তড়িৎ মোক্ষণ সুরু করিলে, প্রবাহিত অক্সিজেন আংশিকরূপে (10%) ওজোনে পরিণত হয় এবং ওজোনিত অক্সিজেনরূপে (ozonised) নির্গম-নল পথে বহির্গত হয়।

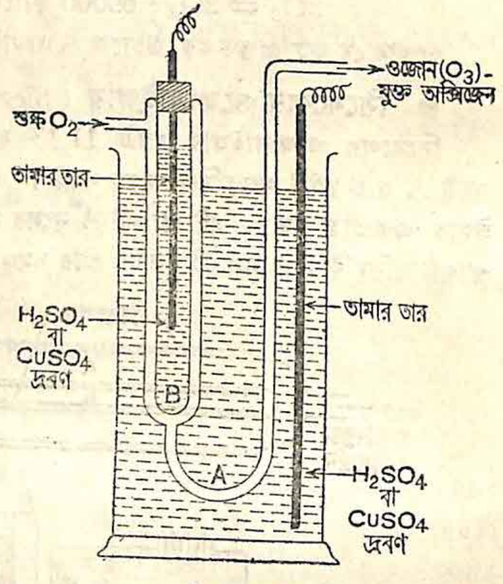
$$3O_2 = 2O_3$$

● ব্রডির ওজোনাইজার (Brodies ozoniser) :

ব্রডির যন্ত্রের ওজোন উৎপাদনের নীতি, সিমেন্সের যন্ত্রেরই অনুরূপ ; পার্থক্যের মধ্যে A ও B নল দুইটি অনুভূমিকের পরিবর্তে লম্বভাবে থাকে এবং টিনের পাতের পরিবর্তে লঘু H_2SO_4 বা লঘু $CuSO_4$ দ্রবণ ব্যবহৃত হয়।

ব্রডির ওজোনাইজার যন্ত্রটির সরলীকৃত রূপ 11.14 নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। নলটির B অংশটি একটি টেস্টটিউবের ন্যায় ; ইহার ভিতর লঘু H_2SO_4 দ্রবণ থাকে

ও মধ্যে একটি তামার তার নিমজ্জিত থাকে ; B-নলটি বৃহত্তর ব্যাসযুক্ত A-নলের মধ্যে অন্তর্প্রবিষ্ট থাকে। A-নলটি একটি U নলের মতো ; ইহার একটি বাহু চওড়া ; ইহারই মধ্যে B-নলটি অন্তর্প্রবিষ্ট করানো হয় ; এই বাহুটির সহিত অক্সিজেন চালনার জন্য একটি আগম-নল থাকে ; অপর বাহুটি ক্ষুদ্রতর ব্যাসের ও ইহার খোলা প্রান্তটিই ওজোনিত অক্সিজেনের নির্গম নলরূপে ক্রিয়া করে। সমগ্র যন্ত্রসজ্জাটি A এবং B, একটি লঘু H_2SO_4-দ্রবণ-যুক্ত আধারে নিমজ্জিত ; এই আধারেও একটি তামার তার নিমজ্জিত থাকে। B নলের এবং আধারের তামার তার দুইটি—আবেশ কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের সহিত যুক্ত থাকে। যন্ত্রটির মধ্য দিয়া O_2 চালনার সহিত একই সময়ে তড়িৎ মোক্ষণ ঘটাইলে, অক্সিজেন আংশিক-ভাবে (25%) ওজোনে পরিণত হয় ও ওজোনিত অক্সিজেন নলপথে বহির্গত হয় (চিত্র 11.14)।



চিত্র নং 11.4

ওজোনিত অক্সিজেনকে তরল বায়ুতে শীতল করিলে ওজোন অংশ অক্সিজেনের পূর্বেই তরল হইয়া যায় (স্ফুটনাংক $-112^{\circ}C$.) ও এইভাবে উহা অক্সিজেন হইতে পৃথক করা যায়। তরল ওজোন উষ্ণ করিলেই, ওজোন বিশুদ্ধরূপে পাওয়া যায়।

□ ওজোনের ধর্ম ঃ

ভৌতধর্ম—ওজোন গ্যাসের অণু, তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর সমবায়ে গঠিত ; ইহার সংকেত O_3। সাধারণ উষ্ণতায় ইহা একটি নীলবর্ণ, আমিষ-গন্ধী গ্যাস। তরল অবস্থায় ইহা গাঢ় নীলবর্ণ, তীব্র চুম্বকধর্ম সম্পন্ন ও বিস্ফোরক পদার্থ। ইহা অক্সিজেন অপেক্ষা জলে অধিক দ্রাব্য ; সাধারণ উষ্ণতায় 100 সি. সি. জল 50 সি. সি. ওজোন দ্রবীভূত করে। অক্সিজেন দ্রবীভূত করে না এমন কিছু কিছু জৈব দ্রাবক (যেমন, CH_3COOH, CCl_4) ওজোন দ্রবীভূত করিতে পারে। বেশী মাত্রার ওজোনে শ্বাসগ্রহণ করিলে বিষক্রিয়া ঘটে।

রাসায়নিক ধর্ম—● ওজোন অস্থায়ী গ্যাস ; উষ্ণতায় ইহা বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হয়। $300^{\circ}C$ উষ্ণতায় বিযোজনটি সম্পূর্ণ হয়।

$$2O_3 = 3O_2$$

এই বিযোজনটি, নানা ধাতুচূর্ণ জাতীয় অনুঘটকের সান্নিধ্যে দ্রুতগতিতে ঘটে।

● ওজোন একটি তীব্র **জারক** পদার্থ। ইহার জারণ ক্রিয়ার কিছু উদাহরণ—

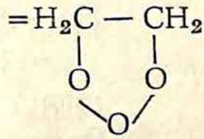
$$2KI + O_3 + H_2O = 2KOH + I_2 + O_2$$
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO_4)_3 + O_2 + H_2O$$
$$PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$$
$$NaNO_2 + O_3 = NaNO_3 + O_2$$
$$3SO_2 + O_3 = 3SO_3$$
$$3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$$
$$2HCl + O_3 = Cl_2 + H_2O + O_2$$

● ওজোন কোন কোন ক্ষেত্রে **বিজারক** পদার্থরূপেও ক্রিয়া করে।

$$H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2$$
$$BaO_2 + O_3 = BaO + 2O_2$$

● সাধারণ অবস্থায় পারদ কাচপাত্রে রাখিলে, উহা পাত্রের গায়ে জমে না। ওজোনের সান্নিধ্যে পারদ কাচপাত্রের গায়ে লাগিয়া যায়। ওজোন নানা জৈব যৌগকেও জারিত করে ; যেমন—রবার, নীল (indigo) প্রভৃতি জারিত হয়।

● ওজোন, অপূর্ণ জৈব যৌগের সহিত বিক্রিয়ায় যুত যৌগরূপে (additive compounds) ওজোনাইড উৎপন্ন করে।

$H_2C = CH_2 + O_3 =$ 

ইথিলিন

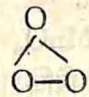
ইথিলিন ওজোনাইড

□ **ওজোনের ব্যবহার :**

তীব্র জারণ ক্রিয়ার জন্য ইহা ● জীবাণু নাশকরূপে ব্যবহৃত হয় ; ● পানীয় জল নির্বীজনে (sterilisation) ব্যবহৃত হয় ; ● বায়ু শোধনে ব্যবহৃত হয় ; ● জৈব রসায়নে, নিরীক্ষক রূপে ব্যবহৃত হয় ; ● বিরঞ্জক রূপে (bleaching) ব্যবহৃত হয়।

□ **ওজোনের সংযুতি ও রেখাসংকেত :**

ওজোনের একটি অনু, তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর সমবায়ে গঠিত, ইহার আণবিক সংকেত O_3।

ইহার গঠন সংকেত— 

□ **হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ওজোনের তুলনা :**

হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) সুপরিচিত যৌগ জলের (H_2O) জারিত রূপ ; এবং ওজোন (O_3) সুপরিচিত মৌল অক্সিজেনের (O_2) জারিত রূপ। উভয়েই অস্থায়ী ও জারক পদার্থরূপে ক্রিয়া করিয়া, যথাক্রমে স্থায়ী H_2O ও O_2'তে পরিণত হয়।

ইহাদের প্রধান ধর্মগুলির তুলনামূলক তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল—

	হাইড্রোজেন পারক্সাইড	ওজোন
● সংকেত	H_2O_2	O_2
● ভৌত ধর্ম	ফিকা নীল, কটুগন্ধী গাঢ় তরল পদার্থ।	নীল রঙের গ্যাস, আমিষ গন্ধী।
● দ্রাব্যতা	জলে সর্বমাত্রায় দ্রাব্য ; কিছু কিছু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য।	জলে সামান্য দ্রাব্য ; CCl_4, তার্পিন তেলে দ্রাব্য।
● প্রকৃতি	জলীয় দ্রবণ মৃদু অম্লধর্মী যৌগ ; জলের জারিত রূপ। সহজেই বিযোজিত হয়— $2H_2O_2=2H_2O+O_2$	জলীয় দ্রবণ প্রশম ; অক্সিজেনের রূপভেদ। সহজেই বিযোজিত হয়— $2O_3=3O_2$.
● জারণ ধর্ম	শক্তিশালী জারক পদার্থ $2KI+2HCl+H_2O_2$ $=I_2+2KCl+2H_2O$ $PbS+4H_2O_2$ $=PbSO_4+4H_2O$	শক্তিশালী জারক পদার্থ $2KI+H_2O+O_3$ $=I_2+2KOH+O_2$ $PbS+4O_3$ $=PbSO_4+4O_2$
● বিজারণ ধর্ম	কোনো কোনো ক্ষেত্রে বিজারক $Ag_2O+O_2=2Ag$ $+H_2O+O_2$	কোনো কোনো ক্ষেত্রে বিজারক $H_2O_2+O_3$ $=H_2O+2O_2$ BaO_2+O_3 $=BaO+2O_2$
● ধাতব মার্কারীর সহিত বিক্রিয়া	বিক্রিয়া নাই	বিক্রিয়াধীন কাচপাত্রে, মার্কারী আটকাইয়া যাইতে থাকে।
● $KI+FeSO_4$ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	I_2 বিমুক্ত হয়	I_2 বিমুক্ত হয় না।
● অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	দ্রবণ বর্ণহীন হয়	দ্রবণ বর্ণহীন হয় না।
● দ্রাব্য টাইটেনিয়াম লবণের সহিত বিক্রিয়া	কমলা বর্ণের দ্রবণ	বিক্রিয়া হয় না।
● অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ+ইথার	ইথার স্তর নীল হয়	বিক্রিয়া হয় না।

প্রশ্নাবলী

1. (a) জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির বিভিন্ন প্রক্রিয়াগুলি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।
(b) নিম্নলিখিত ধাতু ও অধাতুগুলির সহিত জল কি কি অবস্থায় বিক্রিয়া করে :
Na, Fe, C, Al ? বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লিখ।

2. হাইড্রোজেনের পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ইহাকে কিরূপে বিশুদ্ধ করা যায়? হাইড্রোজেনের কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর। হাইড্রোজেনের দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

3. টীকা লিখ : (i) হাইড্রোজেন পরমাণু ও হাইড্রোজেন আয়ন, (ii) ডয়টেরিয়াম, (iii) ট্রাইটিয়াম, (iv) অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন (v) হাইড্রাইড, (vi) হাইড্রোজেন অন্তর্ধৃতি।

4. নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তগুলি যথাযথ কি না আলোচনা কর :—
(i) সকল ধাতু অম্ল হইতে হাইড্রোজেন বিমুক্ত করে।
(ii) ইলেকট্রনীয় বিচারে কোনো কোনো ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন একটি জারক পদার্থের ভূমিকাও গ্রহণ করে।
(iii) তড়িৎ বিশ্লেষ্য সকল হাইড্রোজেন যৌগ হইতেই তড়িৎ বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন ক্যাথোডে বিমুক্ত হয়।

5. (i) জল হইতে, (ii) অক্সি অ্যাসিড লবণ হইতে (iii) অক্সাইড যৌগ হইতে—অক্সিজেন প্রস্তুতির একটি করিয়া উদাহরণ সমীকরণ সহযোগে লিখ। অক্সিজেনের গুরুত্বপূর্ণ কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর।

6. অক্সিজেনের শিল্পপ্রস্তুতি কিভাবে করা হয়? অক্সিজেনের কয়েকটি ব্যবহার লিখ।

7. অনুঘটক কি? পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতির পদ্ধতি চিত্রযোগে আলোচনা কর। ইহাতে কি অনুঘটক ব্যবহৃত হয় এবং ব্যবহৃত অনুঘটকটি যে সত্যই অনুঘটক কিরূপে প্রমাণ করা যাইবে?

8. খরজল ও মৃদুজল কাহাকে বলে? জলের খরতার কারণ কি? স্থায়ী খরজলকে মৃদুজলে পরিণত করা যায় এমন দুইটি পদ্ধতি আলোচনা কর।

9. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(i) পানীয় জল (ii) পাতিত জল (iii) অতিপাতিত জল (iv) বয়লারের জল (v) লবণমুক্ত জল (demineralised water) (vi) ক্যালগন পদ্ধতি (vii) পারমুটিট ও জিওলাইট (viii) আয়ন বিনিময়কারী রেজিন।

10. জলের সহিত বিভিন্ন ধাতু ও অধাতুর বিক্রিয়া সমীকরণ যোগে আলোচনা কর। বিশুদ্ধ জলের নিরীক্ষা কি?

11. আর্দ্রবিশ্লেষ কাহাকে বলে? নিম্নলিখিত যৌগগুলির সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটিবার পর দ্রবণে লিটমাস দিলে কিরূপ বর্ণ পরিবর্তন ঘটিবে—

CaC_2, Mg_3N_2, PCl_3, SO_2, Cl_2, ইক্ষুশর্করা ($C_{12}H_{22}O_{11}$), $AlCl_3$.

12. জলের সংযুতি নির্ধারণের জন্য (i) একটি ওজনমাত্রিক প্রণালী, (ii) একটি আয়তনমাত্রিক প্রণালী বিশদ বর্ণনা কর।

13. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পারক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয় বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের গুরুত্বপূর্ণ ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলির সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

14. হাইড্রোজেন পারক্সাইডের শিল্প প্রস্তুতি কিরূপে করা হয়? ইহার কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর। ইহার রেখা সংকেত কি?

15. 'পারহাইড্রল' কাহাকে বলে? হাইড্রোজেন পারক্সাইডের শক্তি মাত্রা কিরূপে প্রকাশ করা হয়? '20-আয়তন H_2O_2' অর্থে শতকরা কত মাত্রা H_2O_2 ?

16. পরীক্ষাগারে ওজোন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ওজোনের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর। ওজোনের রেখা সংকেত কি?

17. 'বহুরূপতা' কাহাকে বলে? ওজোনকে অক্সিজেনের রূপভেদ বলা হয় কেন? জারক ও বিজারক রূপে ওজোনের বিক্রিয়া অন্ততঃ দুইটি করিয়া উল্লেখ কর। ওজোনের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

18. হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ওজোনের গুরুত্বপূর্ণ ধর্মগুলির একটি তুলনামূলক আলোচনা কর?

দ্বাদশ অধ্যায়	বায়ু ঃ নাইট্রোজেন
	বায়ুর উপাদান—প্রকৃতি—সংযুতি—ধর্ম। নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি—ধর্ম—বিক্রিয়া ও ব্যবহার।

বায়ু

(Air)

পৃথিবীপৃষ্ঠ হইতে উর্ধ্বে প্রায় পঞ্চাশ মাইল পর্যন্ত বিস্তৃত যে গ্যাসমিশ্রের স্তর পৃথিবীকে আবৃত করিয়া রাখিয়াছে, ঐ গ্যাসমিশ্রকে **বায়ু** (air) এবং সমগ্র স্তরটিকে **বায়ুমণ্ডল** (atmosphere) বলা হয়। বায়ুমণ্ডলের ঘনত্ব পৃথিবী পৃষ্ঠে সর্বাধিক এবং ভূতল হইতে উন্নতি (altitude) যত বাড়ে, বায়ুর পরিমাণ এবং ঘনত্ব তত কমে। ভূতলে উপরিস্থ বায়ুস্তরের জন্য একটি চাপ পড়ে ; এই চাপের পরিমাণ প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে প্রায় 14 পাউণ্ড। জলের ন্যায় বায়ুও জীবনধারণের অপরিহার্য উপাদান।

বায়ুর অস্তিত্বের জন্যই পৃথিবীতে উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রাণের উদ্ভব ও বিকাশ সম্ভব হয়। অন্যান্য গ্রহে বা উপগ্রহে বায়ুর পরিমণ্ডলের সঠিক অস্তিত্ব প্রমাণিত হয় নাই বলিয়া, অনুমান করা হয়, ঐ সব গ্রহে বা উপগ্রহে প্রাণের অস্তিত্ব নাই।

অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে **ল্যাভোয়াসিয়ে** ও অন্যান্য বিজ্ঞানীরা প্রমাণ করেন, বায়ু বিভিন্ন গ্যাসের একটি সামান্য মিশ্র। সামান্য মিশ্র বলিয়া পৃথিবীর একই তলে বিভিন্ন অংশের বা বিভিন্ন তলের বিভিন্ন অংশের বায়ুর মধ্যে মিশ্র উপাদানগুলির মাত্রা সামান্য কমবেশী হয়। কিন্তু সাধারণভাবে ভূতলের নানা অংশের বায়ুর মধ্যে মিশ্র উপাদানগুলির গড় শতকরা মাত্রা মোটামুটি একটি সীমার মধ্যে বর্তমান থাকে।

□ বায়ুর উপাদান ঃ

বায়ুর মূল উপাদান ● নাইট্রোজেন, ● অক্সিজেন, ● নিষ্ক্রিয় গ্যাস (মূলত আর্গন*), ● কার্বন ডায়ক্সাইড ও ● জলীয় বাষ্প। ইহা ছাড়া অতি স্বল্প মাত্রায় ওজোন, অ্যামোনিয়া, নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফার ডায়ক্সাইড এবং ভাসমান ধূলিকণা ও কার্বন বায়ুতে বর্তমান থাকিতে দেখা যায়। আবর্জনা ও কলকারখানার জন্য শহরাঞ্চলের বায়ুতে নানা রাসায়নিক গ্যাস মিশ্রিত হইয়া বায়ুকে কলুষিত (air pollution) করে।

---

* নিষ্ক্রিয় গ্যাসবর্গের মধ্যে আয়তন অনুপাতে আর্গন—0.923%, নিয়ন—0.0018%, হিলিয়াম—0.0005%, ক্রিপটন—0.001% ও জেনন—0.000009% থাকে।

মোটামুটিভাবে বায়ুর উপাদানগুলির শতাংশিক আয়তন ও ওজন নিম্নরূপ :

উপাদান	শতাংশিক আয়তন	শতাংশিক ওজন
নাইট্রোজেন	78·06	75.5
অক্সিজেন	21·00	23·2
নিষ্ক্রিয় গ্যাসবর্গ	0·94	1·3
কার্বন ডায়ক্সাইড	0·04	
জলীয় বাষ্প	অনির্দিষ্ট	অনির্দিষ্ট

সাধারণভাবে বায়ু—4 ভাগ নাইট্রোজেন ও 1 ভাগ অক্সিজেনের মিশ্র বলিয়া গণ্য করা যায়।

□ বায়ু সামান্য মিশ্র, রাসায়নিক যৌগ নয় :

বায়ুর মূল দুইটি উপাদান নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যে রাসায়নিক যৌগ গঠনের পরিবর্তে, সামান্য মিশ্র রূপে বায়ুতে বর্তমান থাকে, তাহার স্বপক্ষে নিম্নলিখিত যুক্তিগুলির উল্লেখ করা যায় :

● বায়ুর উপাদানগুলির মোটামুটি গড় মাত্রা নির্দিষ্ট হইলেও, স্থানভেদে ঐ মাত্রাগুলি কমবেশী দেখা যায়। বায়ু রাসায়নিক যৌগ হইলে স্থিরানুপাত সূত্র অনুসারে, উপাদানগুলির মাত্রা অবশ্যই নিত্য হইত।

● 4 ভাগ নাইট্রোজেন ও 1 ভাগ অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া সামান্য মিশ্র প্রস্তুতকালে কোন তাপের বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটে না এবং ঐভাবে প্রস্তুত সামান্য মিশ্র সাধারণ বায়ুর সহিত ধর্মে অভিন্ন বলিয়া দেখা যায়; বায়ু রাসায়নিক যৌগ হইলে, গ্যাস দুইটি মিশ্রণ করিয়া বায়ু প্রস্তুতকালে তাপ বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটিত।

● বায়ুর মধ্যে মৌল নাইট্রোজেন ও মৌল অক্সিজেনের পৃথক পৃথক নিজস্ব ধর্মগুলি বজায় থাকে; বায়ু রাসায়নিক যৌগ হইলে, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মৌলধর্ম অপরিবর্তিতরূপে দেখা যাইত না।

● বায়ুর মৌল উপাদান দুইটির ব্যাপন ও দ্রবণের হার পৃথক; বায়ুর ব্যাপন কালে দেখা যায়, লঘু নাইট্রোজেন অংশের দ্রুত ব্যাপন ঘটে এবং অবশিষ্ট অংশের মধ্যে অক্সিজেনের গাঢ়তা বৃদ্ধি পায়; দ্রবণকালে বায়ুর অক্সিজেন অংশ অধিকতর দ্রবীভূত হয়, অবশিষ্টাংশে নাইট্রোজেনের গাঢ়তা বৃদ্ধি পায়। বায়ু রাসায়নিক যৌগ হইলে—পৃথক পৃথক ভাবে উপাদানগুলির ব্যাপন ও দ্রবণ ঘটিত না।

● তরল বায়ুকে ধীরে ধীরে বাষ্পীভবন করিলে দেখা যায় যে, প্রথম উদ্বায়ী অংশটি নাইট্রোজেন ও পরের উদ্বায়ী অংশটি অক্সিজেন। বায়ু রাসায়নিক যৌগ হইলে উপাদানগুলির এইরূপ পৃথক বাষ্পীভবন ঘটিত না।

● বায়ুর উপাদানগুলির ওজনমাত্রিক অনুপাত $N_2 : O_2 = 75{\cdot}5 : 23{\cdot}2$

$$\therefore \frac{\text{নাইট্রোজেনের পরমাণু সংখ্যা}}{\text{অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা}} = \frac{75{\cdot}5/14}{23{\cdot}2/16} = \frac{15}{4}$$

অতএব বায়ু রাসায়নিক যৌগ হইলে স্থূল সংকেত $N_{15}O_4$। ইহার প্রকৃত আণবিক সংকেত $(N_{15}O_4)x$। ধরা যাক্, $x=1$ বা আণবিক সংকেত—$N_{15}O_4$।

$N_{15}O_4$ অণুর আণবিক ওজন 274 ; সুতরাং বায়ুর বাষ্প ঘনত্ব হওয়া উচিৎ 137। ($\because M=2\times D$ অ্যাভোগাড্রো)। কিন্তু বায়ুর প্রকৃত বাষ্প ঘনত্ব 14·4।

নাইট্রোজেনের বাষ্প ঘনত্ব 14 এবং অক্সিজেনের বাষ্প ঘনত্ব 16। বায়ু নাইট্রোজেনের ও অক্সিজেনের 4 : 1 অনুপাতের মিশ্র ধরিলে, মিশ্রটির বাষ্প ঘনত্ব, গণনানুসারে—

$$100\times d=80\times 14+20\times 16 \qquad (d=\text{বায়ুর বাষ্প ঘনত্ব})$$

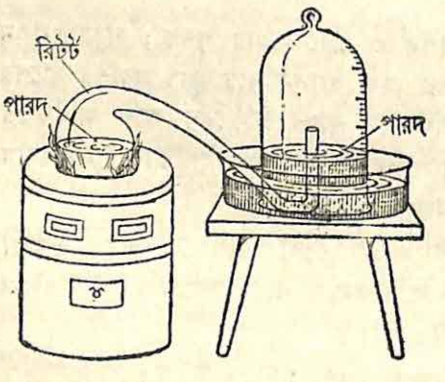
$$\text{বা } d=14{\cdot}4$$

এই গণিত ঘনত্বটি বায়ুর প্রকৃত ঘনত্বের সমান। অতএব বায়ু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সামান্য মিশ্র।

□ বায়ুর সংযুতি নির্ধারণের পরীক্ষা :

ল্যাভোয়াসিয়ের পরীক্ষা—ল্যাভোয়াসিয়ে বায়ুর সংযুতি নির্ধারণের জন্য কয়েকটি পরীক্ষা করেন। একটি পরীক্ষায়, 12·1 নং চিত্রানুযায়ী একটি রিটর্ট লওয়া হয় ; রিটর্টের মধ্যে কিছু পারদ থাকে। রিটর্টের গ্রীবাটি একটি উপুড় করা রেখাংকিত (graduated) বেলজারের নীচে সংলগ্ন থাকে। বেলজারটি পারদপূর্ণ করিয়া একটি পারদাধারের উপর স্থাপন করা হয়, এবং পরে পারদের অপসারণ দ্বারা উহাতে কিছু বায়ু সংগ্রহ করা হয় ও এই অবস্থায় রিটর্ট গ্রীবাটি উহার নীচে সংলগ্ন করা হয়। সংগৃহীত বায়ুর আয়তন, বেলজারের রেখাংকনের পাঠ হইতে জানা যায়।

এখন রিটর্টটিকে প্রায় 12 দিন অবিরত উত্তপ্ত রাখা হইলে দেখা যায়, রিটর্টের পারদতলের উপর কিছু লাল ভাসমান পদার্থ সৃষ্টি হইয়াছে ও বেলজারের বায়ুর আয়তন কমিয়া উহার পারদতল উপরে উঠিয়াছে। পরীক্ষাশেষে অবশিষ্ট বায়ুর আয়তন বেলজারের রেখাংকনের পাঠ হইতে দেখা যায়, উহা গৃহীত আদি আয়তনের $\frac{4}{5}$। সিদ্ধান্ত করা যায়, বেলজারের বায়ুর $\frac{1}{5}$ অংশ এমন কোন গ্যাস যাহা পারদের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পূর্বোক্ত ভাসমান লাল পদার্থ সৃষ্টি করিয়াছে এবং বেলজারের অবশিষ্ট $\frac{4}{5}$ অংশ এমন কোন গ্যাস যাহা পারদের সহিত বিক্রিয়াহীন।



চিত্র নং 12·1

ভাসমান লাল পদার্থসহ পারদযুক্ত রিটর্টকে পৃথক করিয়া, সম্পূর্ণ পারদপূর্ণ বেলজারের নীচে উহার গ্রীবাকে আবার স্থাপন করিয়া, পুনরায় রিটর্টটিকে দীর্ঘকাল উত্তপ্ত করিলে দেখা যায়, ভাসমান লাল পদার্থটি ধীরে ধীরে বিযোজিত হইয়া পারদে পরিণত হয় এবং বেলজারে একটি গ্যাস ধীরে ধীরে পারদের অপসারণ দ্বারা জমিতে থাকে। বেলজারে সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন দেখা যায়, উহা পূর্বোক্ত পরীক্ষার মোট গৃহীত বায়ুর আয়তনের $\frac{1}{5}$ অংশ। সিদ্ধান্ত করা যায়, পূর্ব পরীক্ষায় বায়ুর যে $\frac{1}{5}$ অংশ পারদের সহিত যুক্ত হইয়াছিল, উহাই দ্বিতীয় পরীক্ষায় আবার উৎপন্ন হইয়াছে।

পরীক্ষায় আরও দেখা যায়, পূর্ব পরীক্ষার বায়ুর অবশিষ্ট $\frac{4}{5}$ অংশটি এমন একটি গ্যাস যাহা দাহ্যও নয় বা দহনের সহায়কও নয়, কিন্তু তীব্র উত্তপ্ত Mg-এর সহিত বিক্রিয়া করে ; সুতরাং ঐ গ্যাসটি নাইট্রোজেন—$3Mg+N_2=Mg_3N_2$। আবার পরের পরীক্ষায় উদ্ভূত $\frac{1}{5}$ অংশ গ্যাস, এমন একটি গ্যাস যাহা দাহ্য নয় কিন্তু দহনের সহায়ক এবং জলন্ত নিষ্প্রভ কাঠিকে পুনঃপ্রজ্জলিত করে ; সুতরাং ঐ গ্যাসটি অক্সিজেন।

অতএব পরীক্ষাটি হইতে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে বায়ু N_2 ও O_2 এর মিশ্র এবং ইহাদের মিশ্রণের আয়তন অনুপাত 4 : 1।

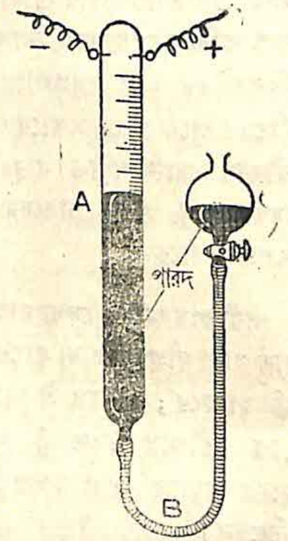
বায়ুর সংযুতি নির্ধারণের জন্য দুই প্রকার পদ্ধতি অনুসৃত হয়—

(i) আয়তনমাত্রিক পদ্ধতি, (ii) ওজনমাত্রিক পদ্ধতি।

আয়তনমাত্রিক পদ্ধতিগুলির মধ্যে (i) ফসফোরাসের দহন ক্রিয়া পরীক্ষা, [নাইট্রোজেন প্রস্তুতির মধ্যে আলোচনা করা হইয়াছে ; পরে দ্রষ্টব্য।] (ii) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট পদ্ধতি ও (iii) ইউডিয়োমিটার পদ্ধতি—সাধারণত অনুসৃত হয়।

● **ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট পরীক্ষা**—এই পরীক্ষায় একটি রেখাংকিত একমুখ বন্ধ কাচের নলে কিছু কষ্টিক সোডা ও পাইরোগ্যালিক অ্যাসিড মিশ্র লইয়া, নলটিকে ছিপি বন্ধ করিয়া উত্তমরূপে ঝাঁকানো হয় ; ইহার ফলে, বায়ুর অক্সিজেন অংশ অ্যাসিড মিশ্রে শোষিত হইয়া যায়। পরে নলটিকে উপুড় করিয়া উহার মুখটি একটি জলাধারে স্থাপন করিয়া ছিপিটি খুলিয়া লইলে শোষিত অক্সিজেনের শূন্যস্থান পূরণ করিতে, আধার হইতে জল কাচনলে উঠিয়া আসে। দেখা যায় উঠিয়া আসা জলের আয়তন, সমগ্র নলটির $\frac{1}{5}$ ভাগ। অতএব বায়ুর মধ্যে $\frac{1}{5}$ ভাগ আয়তন অক্সিজেন থাকে (এবং বাকী $\frac{4}{5}$ অংশটি থাকে নাইট্রোজেন)। অর্থাৎ বায়ুর উপাদান $N_2 : O_2 :: 4 : 1$।

● **ইউডিয়োমিটার পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিতে 12·2 নং চিত্রানুযায়ী যন্ত্রসজ্জা ব্যবহৃত হয়। চিত্রে A একটি রেখাংকিত একমুখ বন্ধ নল ও ইহার মধ্যে দুইটি তড়িৎবাহী তার যুক্ত থাকে। A নলটি, রবার নল B যোগে—পারদপূর্ণ C গোলকটির সঙ্গে যুক্ত থাকে। পরীক্ষার পূর্বে, A নলে কোন পরিমাণ বায়ু (ধরা যাক্ 10 সি. সি.) ও অর্ধপরিমাণ H_2 (ধরা যাক্ 5 সি. সি.) লওয়া হয় এবং তার দুইটির মধ্য দিয়া তড়িৎ চালনা করা হয়। ফলে বায়ুর মধ্যস্থ অক্সিজেনের সহিত, গৃহীত হাইড্রোজেনের তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সান্নিধ্যে বিস্ফোরণ ঘটে ও জল উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন জলের (তরল) আয়তন নগণ্য বলিয়া A নলে একটি আয়তনিক সংকোচন লক্ষ্য করা যায়। পরীক্ষাশেষে A নলে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন মাপা হয় (ধরা যাক্ 9 সি. সি.)।



চিত্র নং 12·2

গৃহীত বায়ু ও হাইড্রোজেনের আয়তন 10+5=15 সি.সি.

বিস্ফোরণের ফলে সংকোচন ঘটিয়া শেষ আয়তন=9 সি. সি.

সংকোচনের পরিমাণ=6 সি. সি.

$2H_2$	+ O_2	=	$2H_2O$	মোট সংকোচন
2 আয়তন	1 আয়তন		0 আয়তন	=3 আয়তন

অতএব সংকোচনের $\frac{1}{3}$ অংশ = অক্সিজেনের আয়তন

∴ পরীক্ষায়, বায়ুর মধ্যস্থ অক্সিজেনের আয়তন ছিল $=6\times\frac{1}{3}=2$ সি. সি.

সুতরাং নাইট্রোজেনের আয়তন ছিল $=10-2=8$ সি. সি.

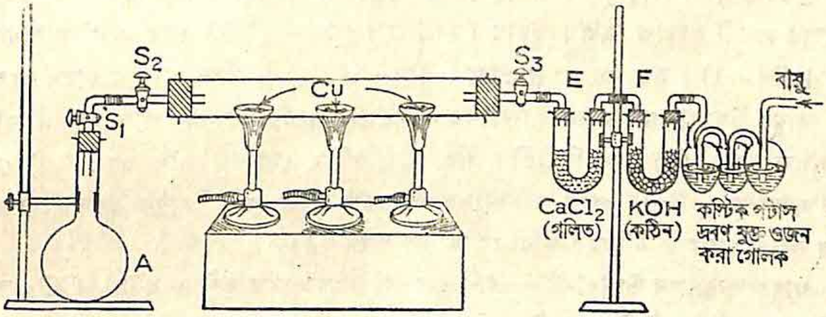
অতএব বায়ুতে আয়তনিক অনুপাতে $N_2 : O_2 = 4 : 1$।

● **ওজনমাত্রিক পদ্ধতি—ডুমার পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিটিতে 12·3 নং চিত্রানুযায়ী যন্ত্রসজ্জা ব্যবহৃত হয়।

এই সজ্জায় A একটি স্টপকক্ যুক্ত গোলক। B একটি দহন-নল। ইহার মধ্যে কপারকুচি পূর্ণ কয়েকটি পোর্সিলেন বাটি থাকে। B'র দুই প্রান্তের দুইটি নলই স্টপকক্‌যুক্ত। E, গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ একটি U-নল ; F, কঠিন KOH-পূর্ণ একটি U নল ; F-এর পরবর্তী অংশ, KOH দ্রবণ-পূর্ণ কয়েকটি গোলক সমষ্টি।

পরীক্ষার পূর্বে A, B, ও E, F, এবং কষ্টিক পটাস দ্রবণ-যুক্ত গোলক অংশগুলিকে পৃথক করা হয় এবং বায়ুশূন্য অবস্থায় পৃথক পৃথক A ও B'র ওজন লওয়া হয়। ওজনের পরে S_1, S_2, S_3 স্টপককগুলি বন্ধ রাখিয়া A ও B অংশ যুক্ত করা হয় ও B

দহন-নলটিকে তীব্র উত্তপ্ত করা হয়। এখন E, F, ও কষ্টিক পটাস দ্রবণযুক্ত গোলক



চিত্র নং 12·3

অংশ, B-র দক্ষিণ প্রান্তে যুক্ত করিয়া ও দক্ষিণ প্রান্তের নলটির খোলা মুখ দিয়া বায়ু চালনা করা হইতে থাকে এবং S_3, S_2 ও S_1 স্টপকক্ খুলিয়া দেওয়া হয়। কষ্টিক পটাস গোলকে প্রবিষ্ট বায়ু শুষ্ক হইয়া B-নলে প্রবিষ্ট হয় ও উত্তপ্ত Cu-এর সহিত যুক্ত হইয়া Cu-কে CuO রূপে পরিণত করে ; বায়ুর নাইট্রোজেন অংশ A গোলকে গিয়া জমিতে থাকে।

পরীক্ষাশেষে S_3 স্টপকক্ বন্ধ করিয়া A ও B-কে একত্র ওজন করা হয়। পরে S_2 ও S_1 স্টপকক্ বন্ধ করিয়া, A-কে আলাদা করিয়া আবার উহার ওজন লওয়া হয়। এখন কয়েকটি গণনায় বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ওজন জানা যায়।

ধরা যাক্ A'র বায়ুশূন্য আদি ওজন $= a$ গ্রাম

B'র বায়ুশূন্য আদি ওজন $= b$ গ্রাম

পরীক্ষাশেষে বায়ুশূন্য করিয়া B'র শেষ ওজন $= c$ গ্রাম

$\therefore$ শোষিত অক্সিজেনের ওজন $= c - b$ গ্রাম

পরীক্ষা শেষে A'র ওজন $= d$ গ্রাম

$\therefore$ A গোলকে নাইট্রোজেনের ওজন $= d - a$ গ্রাম

পরীক্ষাশেষে A ও B'র একত্র ওজন $= e$ গ্রাম

$\therefore$ A ও B-তে মোট নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণ $= e - (a + b)$

A ও B-তে মোট নাইট্রোজেনের পরিমাণ $= [e - (a + b) - (c - b)]$ গ্রাম

$= e - a - b - c + b = e - a - c$

অতএব বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন অনুপাত—

$$N_2 : O_2 = e - a - c : c - b$$

প্রকৃত পরীক্ষার ফলে দেখা যায় : $N_2 : O_2 = 77{\cdot}08 : 22{\cdot}92$.

অতএব, ওজন অনুপাতে বায়ুর সংযুতি $N_2 : O_2 = 77 : 23$ (প্রায়)।

□ **বায়ুর ধর্ম :**

ভৌত ধর্ম—বায়ু মূলত নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন ডায়কসাইড ও জলীয় বাষ্পের একটি সামান্য মিশ্র। ইহার 1 লিটারের ওজন = 1·293 গ্রাম এবং বাষ্পঘনত্ব 14·4 (H = 1)। ইহা জলে স্বল্প দ্রাব্য। ইহা −193°C-এ তরল আকার ধারণ করে।

বায়ুর উপাদানগুলির ঘন আস্তরণের ফলেই (i) সূর্যের ক্ষতিকর অতি বেগুনী রশ্মি শোষিত হয়; (ii) কুপরিবাহী বলিয়া তীব্র তড়িৎ মোক্ষণ রোধ হয়; (iii) মেঘ বৃষ্টি সম্ভব হয়; (iv) প্রাণী ও উদ্ভিদের জীবনচক্র সম্ভব হয়। বায়ুর জলে দ্রাব্যতার জন্য জলজ প্রাণী ও উদ্ভিদের জীবনের অস্তিত্ব সম্ভব হয়।

বায়ুর অক্সিজেন উপাদানটি—প্রাণীজগতের নিঃশ্বাসরূপে গৃহীত হইয়া CO_2 রূপে পরিত্যক্ত হয়। এই উপাদানটির জন্য দাহ্য বস্তুরও দহন সম্ভব হয়।

বায়ুর নাইট্রোজেন উপাদানটি—লঘুকারকরূপে (diluent), প্রাণীর শ্বাস গ্রহণের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেন অংশটিকে শ্বাস গ্রহণোপযোগী করিয়া তোলে। এই উপাদানটি নানা পরোক্ষ পথে, প্রাণী ও উদ্ভিদদেহে জৈব কোষের প্রয়োজনীয় যৌগগুলি—যেমন, অ্যামিনো-অ্যাসিড ও প্রোটিন গড়িয়া তোলে। আবার প্রাণী-দেহের অবশেষগুলি, নাইট্রোজেনে বিযুক্ত হইয়া বায়ু ও নাইট্রোজেন অংশের সাম্য বজায় রাখে।

বায়ুর কার্বন ডায়কসাইড উপাদানটি—উদ্ভিদ্‌দেহে ক্লোরোফিল যৌগ ও আলোকের সান্নিধ্যে বিভাজিত হইয়া উদ্ভিদের পুষ্টির কার্বনের যোগান দেয় ও বিমুক্ত অক্সিজেন বায়ুর অক্সিজেন অংশের সাম্য বজায় রাখে।

বায়ুর জলীয় বাষ্প উপাদানটি—বায়ুর অক্সিজেনকে আর্দ্র করিয়া শ্বাস গ্রহণের উপযোগী করিয়া তোলে। এই উপাদানটি—মেঘ ও পরে ধূলিকণার সান্নিধ্যে বৃষ্টির উৎপত্তির কারণ।

রাসায়নিক ধর্ম—বায়ুর রাসায়নিক ধর্ম বস্তুত উহার উপাদানগুলির পৃথক পৃথক রাসায়নিক ধর্মের সমষ্টি। বায়ুর অক্সিজেনের জন্য—

- বায়ু নানা বস্তুর দহনে অক্সাইড উৎপন্ন করে।
  $C + O_2 = CO_2$; $S + O_2 = SO_2$; $2Cu + O_2 = 2CuO$
- নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত গাঢ় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন পারক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $2NO + O_2 = 2NO_2$
- বায়ুর নাইট্রোজেনের জন্য, বায়ু Mg, Al, ও Ca-এর সহিত উচ্চতাপে নাই-ট্রাইড যৌগ গঠন করে।
  $3Mg + N_2 = Mg_3N_2$; $3Ca + N_2 = Ca_3N_2$
- বায়ুর কার্বন ডায়কসাইডের জন্য বায়ু চুনের জল ঘোলা করে।
  $$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

● বায়ুর জলীয় বাষ্পের জন্য, বহু নিরুদক, বায়ুর সংস্পর্শে সোদক যৌগে পরিণত হয় এবং উদ্‌গ্রাহী (deliquescent) পদার্থগুলি জল শোষণ করে—

$$CuSO_4+5H_2O=CuSO_4,\ 5H_2O$$
$$CaCl_2+6H_2O=CaCl_2,\ 6H_2O$$

□ বায়ুর ব্যবহার :

● দহনে ও ধাতু শিল্পে বায়ু—অক্সিজেন উৎসরূপে ব্যবহৃত হয়। ● HNO_3, H_2SO_4 প্রভৃতির শিল্প প্রস্তুতিতে বায়ু—অক্সিজেন উৎসরূপে ব্যবহৃত হয়। ● প্রকৃতিতে, প্রাণী ও উদ্ভিদের জীবনধারণের উপাদানরূপে, বায়ু ব্যবহৃত হয়।

সংকেত—N
অণু—N_2
পরমাণু ক্রমাংক—7
পারমাণবিক ওজন—14
সর্ববহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রন সজ্জা $2s^2 2p^3$
যোজ্যতা (সাধারণ)—3,5

নাইট্রোজেন
(Nitrogen)

হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের পরই প্রাকৃতিক মৌলগুলির মধ্যে লঘু গ্যাস—নাইট্রোজেন। বায়ুর প্রধান উপাদান ছাড়াও, প্রকৃতিতে নাইট্রোজেন জীবকোষের একটি অনিবার্য উপাদান ; ইহা জীবদেহে অ্যামিনো অ্যাসিড ও প্রোটিন রূপে বর্তমান থাকে। উদ্ভিদ ও প্রাণীর খাদ্যরূপে, নাইট্রোজেন যৌগ অবশ্য প্রয়োজনীয়। খনিজে—নাইট্রোজেন, নানা নাইট্রেট লবণরূপে পাওয়া যায় ; যেমন সোরা বা নাইটার (nitre বা KNO_3) ; সল্টপিটার (salt petre বা $NaNO_3$) ইত্যাদি। NO, NH_3 প্রভৃতি যৌগগুলিও প্রকৃতিতে সামান্য পরিমাণে দেখা যায়।

শীলে (1733) প্রথম নাইট্রোজেনের পৃথক গ্যাসীয় অস্তিত্ব অনুমান করেন ; একই কালে, **ড্যানিয়েল রাদারফোর্ড** প্রথম নাইট্রোজেন গ্যাস রাসায়নিক উপায়ে প্রস্তুত করেন। **ল্যাভোয়াসিয়ে** (1775) ইহার নানা ধর্ম অনুশীলন করেন। সোরার উৎপাদক বলিয়া 'নাইট্রোজেন' নামটি প্রথম প্রস্তাব করেন, **চ্যাপটাল** (1823)।

□ নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি :

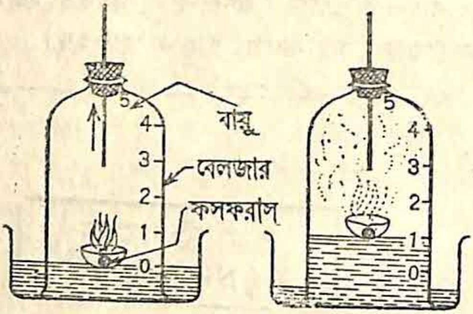
নাইট্রোজেন প্রস্তুতির মূল উৎস (i) বায়ু ও (ii) নাইট্রোজেন যৌগসমূহ।

বায়ু হইতে নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি :

● বায়ুকে —196°C উষ্ণতায় শীতল করিলে তরল বায়ু পাওয়া যায়। তরল বায়ুকে সতর্কভাবে আংশিক পাতন করিলে প্রথম উদ্বায়ী অংশে নাইট্রোজেন (স্ফুটনাংক—195·7°C) পাওয়া যায় ; অবশিষ্ট তরল অংশে তরল অক্সিজেন (স্ফুটনাংক—182·9°C) থাকে।

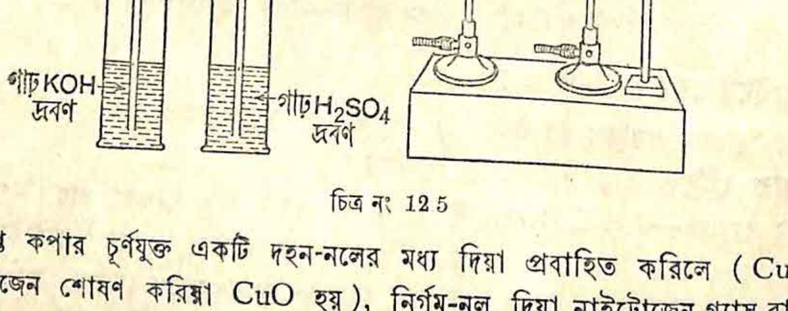
● বায়ু হইতে অক্সিজেন অংশকে—(i) আর্দ্র লৌহচূর্ণ, (ii) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ, (iii) অম্লীকৃত ক্রোমাস ক্লোরাইড দ্রবণ, (iv) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ, (v) উত্তপ্ত Cu ও (vi) উত্তপ্ত P দ্বারা শোষণ করিলে, অবশিষ্ট রূপে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

পরীক্ষা 1. একটি জলাধারের উপর ভাসমান একটি ক্ষুদ্র পোর্সিলেন বাটিতে কিছু সাদা ফসফরাস লওয়া হয়। ঐ ফসফরাসে একটি উত্তপ্ত তার স্পর্শ করিয়াই উহা দ্রুত একটি বেলজার চাপা দেওয়া হয়। দেখা যায়, কিছুক্ষণ দহনের পর, বায়ুর অক্সিজেন অংশ নিঃশেষিত করিয়া ফসফরাস নিভিয়া যায় ও জলতল বেলজারের সমগ্র আয়তনের $\frac{1}{5}$ অংশ উঠিয়া আসে। জলতলের উপরের অংশ যে নাইট্রোজেন, তাহা পরীক্ষাযোগে প্রমাণ করা যায়। এই পরীক্ষাটি ইহাও প্রমাণ করে যে, বায়ুর $\frac{4}{5}$ অংশ নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{5}$ অংশ অক্সিজেন।



চিত্র নং 12·4

পরীক্ষা 2. 12·5 নং চিত্রের যন্ত্রসজ্জা অনুযায়ী একটি আগমনলযোগে বায়ু প্রথমত গাঢ় কষ্টিক পটাস দ্রবণ (ইহা CO_2 শোষণ করে) ও পরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের (ইহা জলীয় বাষ্প শোষণ করে) মধ্য দিয়া চালনা করিয়া,



চিত্র নং 12·5

উত্তপ্ত কপার চূর্ণযুক্ত একটি দহন-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে (Cu চূর্ণ অক্সিজেন শোষণ করিয়া CuO হয়), নির্গম-নল দিয়া নাইট্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে।

□ যৌগ হইতে নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি ঃ

● নাইট্রোজেনের নানা যৌগ হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায়। অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়ায় সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি দুইটি স্তরে ঘটে—

$$2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$$
$$6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$$

মোট বিক্রিয়া : $8NH_3+3Cl_2=6NH_4Cl+N_2$

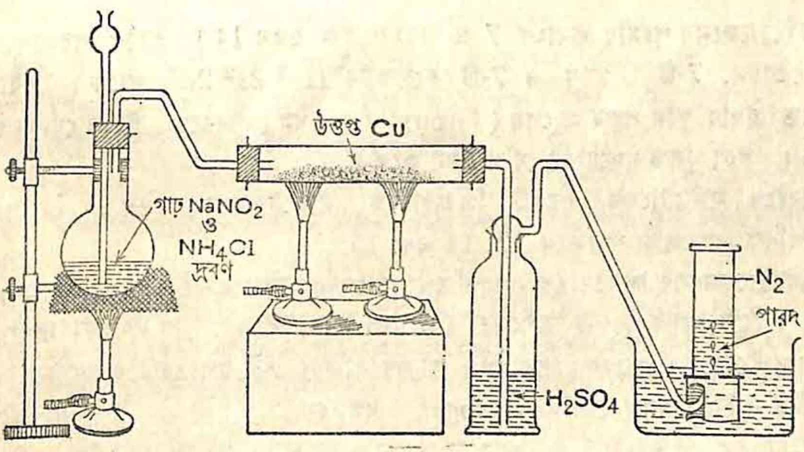
অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কম ব্যবহৃত হইলে, বিস্ফোরক পদার্থ নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3+6Cl_2=2NCl_3+6HCl$$

উৎপন্ন নাইট্রোজেনকে, জলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া, পরে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

□ পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি ঃ

একটি থিস্‌ল্ ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত ফ্লাস্কে কিছু গাঢ় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ ও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রাইটের গাঢ় দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা



চিত্র নং 12·6

হয়; বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন নাইট্রোজেন গ্যাসকে উত্তপ্ত কপার চূর্ণযুক্ত একটি নলের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া, পরে আবার একটি গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ বোতলের মধ্য দিয়া চালনা করা হয়। উৎপন্ন শুষ্ক নাইট্রোজেনকে পারদপূর্ণ গ্যাসজারে, পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।* [চিত্র নং 12·6]

* শুষ্ক নাইট্রোজেন প্রয়োজন না হইলে, কপারপূর্ণ নল হইতে নির্গত গ্যাসকে. জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যাইতে পারে।

বিক্রিয়া : $NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl$

$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O.$$

● বিভিন্ন নাইট্রোজেন যৌগ হইতে, নাইট্রোজেন প্রস্তুতির কয়েকটি বিক্রিয়া :

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \overset{\text{উত্তাপ}}{=} N_2\uparrow + Cr_2O_3 + 4H_2O$$

$$\underset{\text{ব্লিচিং পাউডার}}{3Ca(OCl)Cl} + 2NH_3 \overset{\text{দ্রবণে}}{=} N_2\uparrow + 3CaCl_2 + 3H_2O.$$

$$3NaOBr + 2NH_3 = N_2 + 3NaBr + 3H_2O.$$

$$4NH_3 + 6NO \overset{\text{দ্রবণে}}{=} 5N_2 + 6H_2O$$

$$\underset{\text{বেরিয়াম অ্যাজাইড}}{Ba(N_3)_2} \overset{\text{উত্তাপ}}{=} Ba + 3N_2$$

$$5Cu + \underset{\text{(গ্যাসরূপে)}}{8HNO_3} \overset{\text{উত্তাপ}}{=} 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.$$

□ নাইট্রোজেনের ধর্ম :

নাইট্রোজেনের পরমাণু ক্রমাংক 7 ও পারমাণবিক ওজন 14। ইহার পরমাণুতে 7-টি প্রোটন, 7-টি নিউট্রন ও 7-টি ইলেকট্রন ($1s^2\ 2s^2\ 2p^3$) থাকে। পর্যায় সারণীতে ইহার স্থান পঞ্চম গ্রুপের (Group V) প্রথম মৌলরূপে। ইহার যোজ্যতা 5 ও 3। ইহা মূলত সমযোজী যৌগ গঠন করে।

সাধারণ নাইট্রোজেন, তিনটি 'একস্থানিক' নাইট্রোজেনের মিশ্র ; ইহাদের পারমাণবিক ওজনগুলি যথাক্রমে 13, 14 এবং 15.

নাইট্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক। অতি লঘুচাপে নাইট্রোজেনের উপর তড়িৎমোক্ষণ করিয়া নাইট্রোজেনের একটি 'রূপভেদ' (allotrope) পাওয়া যায়। ইহা সাধারণ নিষ্ক্রিয় নাইট্রোজেন অপেক্ষা বহু গুণে সক্রিয় বলিয়া এই রূপভেদটিকে 'সক্রিয়' বা অ্যাক্টিভ নাইট্রোজেন (active nitrogen) বলা হয়।

ভৌতধর্ম—নাইট্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা কিছু লঘু এবং জলে সামান্য দ্রাব্য (0·3 সি.সি./100 সি.সি. জল)। ইহার স্ফুটনাংক —195·7°C এবং হিমাংক —210°C। ইহা চারকোল দ্বারা শোষিত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—● নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় গ্যাস, সহজে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না। ● ইহা দাহ্যও নহে, দহনের সহায়কও নয়। ● ইহা কিছু কিছু অধাতুর সহিত উচ্চচাপে, উচ্চতাপে বা তড়িৎ স্ফুলিংগের মাধ্যমে বিক্রিয়া করে ; যথা

$$N_2 + 3H_2 \overset{\text{উচ্চচাপে}}{=} 2NH_3$$

$$2C + N_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎস্ফুলিংগ}} C_2N_2$$
নায়ানোজেন গ্যাস

$$6B + 3N_2 \xrightarrow{\text{উচ্চতাপে}} 2B_3N_3$$
বোরন নাইট্রাইড

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎস্ফুলিংগ}} 2NO \text{ (পরে } 2NO + O_2 = 2NO_2 \text{)}$$

● ইহা কিছু কিছু ধাতুর সহিত, Li, Al, Mg, Ca প্রভৃতির সহিত উচ্চতাপে নাইট্রাইড যৌগ উৎপন্ন করে।

$3Ca + N_2 = Ca_3N_2$ $3Mg + N_2 = Mg_3N_2$

এই নাইট্রাইড যৌগগুলিতে নাইট্রোজেনের তড়িৎযোজ্যতার প্রকাশ ঘটে।

● ইহা কিছু কিছু যৌগের সহিত উচ্চতাপে সংযুক্ত হয়।

$CaC_2 + N_2 = CaNCN + C$

ক্যালসিয়াম কার্বাইড — ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড — গ্রাফাইট

□ নাইট্রোজেনের নিরীক্ষা ঃ

● নাইট্রোজেন দাহ্য নয়, দহনের সহায়কও নয়।

● নাইট্রোজেন উত্তপ্ত Mg দ্বারা শোষিত হয়।

□ নাইট্রোজেনের ব্যবহার ঃ

● নাইট্রোজেন—অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতির শিল্প প্রস্তুতিতে এবং সার প্রস্তুতিতে, কাঁচামালরূপে ব্যবহৃত হয়। ● ইলেকট্রিক বাল্‌বকে দীর্ঘস্থায়ী করার জন্য বাল্‌বের মধ্যে নাইট্রোজেন গ্যাস পূর্ণ করা হয়। ● উচ্চতাপ মাপক থার্মোমিটার প্রস্তুতিতে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. বায়ুর উপাদান কি? উদ্ভিদ ও প্রাণীজগতে এই উপাদানগুলির প্রত্যেকটির ভূমিকা কি আলোচনা কর।

2. 'বায়ু সামান্য মিশ্র, রাসায়নিক যৌগ নয়'—এই সিদ্ধান্তের স্বপক্ষের যুক্তিগুলি আলোচনা কর।

3. বায়ুর সংযুতি নির্ধারণের জন্য ল্যাভোয়াসিয়ে কি পরীক্ষা করেন? পরীক্ষাটি বর্ণনা কর।

4. বায়ুর (i) আয়তনমাত্রিক ও (ii) ওজনমাত্রিক পদ্ধতিতে কিরূপে সংযুতি নির্ধারণ হয়?

5. পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি বর্ণনা কর। নাইট্রোজেনের কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর।

6. একটি গ্যাসজারে নাইট্রোজেন পূর্ণ আছে। উহা যে সত্যই নাইট্রোজেন—কোন্ কোন্ পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করা যাইবে?

7. নিম্নোক্ত ক্ষেত্রগুলিতে কি বিক্রিয়া ঘটিবে—

(i) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রেট মিশ্রকে উত্তপ্ত করা হইল।

(ii) গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণে (a) অল্পমাত্রায় ও (b) অধিকমাত্রায় Cl_2 চালনা করা হইল।

(iii) অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেটকে তীব্র উত্তপ্ত করা হইল।

(iv) ব্লিচিং পাউডারের সহিত অ্যামোনিয়া যোগ করা হইল।

(v) উত্তপ্ত কপারের উপর গ্যাসীয় HNO_3 চালনা করা হইল।

(vi) উচ্চতাপে (i) Mg (ii) CaC_2 (iii) Al_3 (iv) B এর উপর N_2 গ্যাস চালনা করা হইল।

ত্রয়োদশ অধ্যায়	**কার্বন, ফসফোরাস, সালফার, হ্যালোজেন**
	মৌল সমূহের প্রস্তুতি – ধর্ম – বিক্রিয়া ও ব্যবহার।

সংকেত—C
অণু—C
পরমাণু ক্রমাংক—6
পাঃ ওঃ—12
সর্ববহিঃস্থকক্ষে ইলেকট্রন সজ্জা—$2s^2 2p^2$
যোজ্যতা—4

কার্বন (Carbon)

পার্থিব অধাতু মৌলগুলির মধ্যে কার্বন একটি বিশিষ্ট মৌল। প্রাকৃতিক সকল মৌলের পরমাণুর মধ্যেই নিজস্ব পরমাণুর সহিত ক্রমপরম্পরায় সংযোজন করার প্রবণতা সীমিত। কার্বনের ক্ষেত্রে এই নিজস্ব পরমাণুর সহিত ক্রমপরম্পরায় সংযোজন করার বা 'শৃঙ্খল রচনা' করার (catenation) ধর্মটি, প্রায় অন্তহীন। ফলে, কার্বন মৌল হইতে অসংখ্য যৌগ উৎপন্ন হয়। সমস্ত মৌলগুলির একত্র যে মৌল সংখ্যা রসায়নে জানা গিয়াছে, একা কার্বনের যৌগ সংখ্যা তদপেক্ষা বহুগুণে অধিক। উদ্ভিদ ও প্রাণীজগতের প্রায় সমগ্র জৈব উপাদানই কার্বন যৌগ। কার্বন যৌগগুলিকে কেন্দ্র করিয়া উহাদের অনুশীলনের জন্য **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry) নামে পৃথক একটি রসায়নের শাখা গড়িয়া উঠিয়াছে।

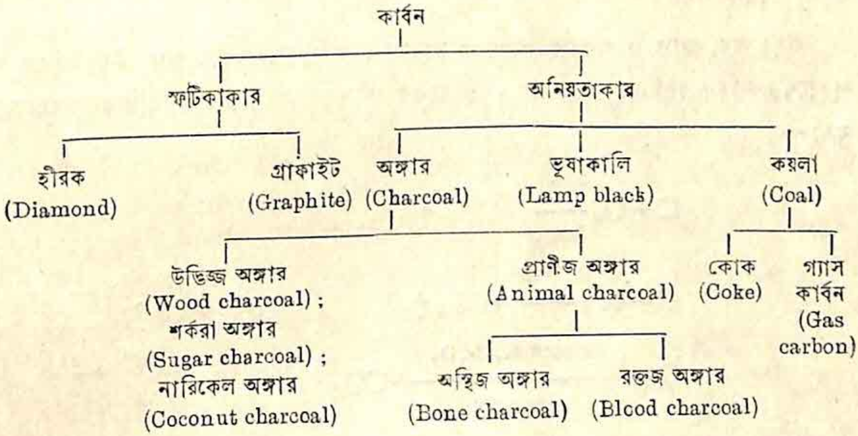
কার্বন একটি সহজপ্রাপ্য মৌল। প্রকৃতিতে কার্বন প্রায়শঃই যৌগরূপে দেখা যায়। উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের জৈব উপাদানরূপে প্রোটিন, কার্বোহাইড্রেট ইত্যাদি বর্তমান থাকা ছাড়াও, কার্বনের নানা যৌগ খনিজরূপেও পাওয়া যায়। খনিজ যৌগের মধ্যে, কার্বনেট যৌগরূপে মার্বেল পাথর ($CaCO_3$) ও আরও অন্যান্য ধাতব কার্বনেটগুলি সুপরিচিত। বায়ুমণ্ডলে কার্বন CO_2 রূপে থাকে। খনিজ কয়লা ও পেট্রোলিয়ামও নানা কার্বন যৌগের মিশ্র রূপ।

প্রকৃতিতে অল্প পরিমাণে মৌল কার্বনও, হীরক (diamond) ও গ্রাফাইট (graphite) রূপে পাওয়া যায়। অ্যানথ্রাসাইট কয়লাও (anthracite coal), অনিয়তাকার (amorphous) মৌল কার্বন।

□ কার্বনের বহুরূপতা (Allotropic modifications of Carbon) :

কার্বন বহুরূপতা ধর্মসম্পন্ন মৌল। ইহাকে নানারূপে পাওয়া যায়। এই রূপভেদগুলিকে (allotrope) মূলত আকৃতি অনুসারে দুইটি শ্রেণীভুক্ত করা

হয় (i) স্ফটিকাকার (crystalline) ও (ii) অনিয়তাকার (amorphous)। কার্বনের নানা রূপভেদগুলিকে নিম্নরূপে শ্রেণীবিন্যাস করা হয়।



□ ডায়মণ্ড বা হীরক (Diamond) :

হীরক খনিজরূপে ব্রেজিল, দক্ষিণ আফ্রিকা, যুক্তরাষ্ট্র, ভারতবর্ষ প্রভৃতি দেশে পাওয়া যায়। ভারতবর্ষে—মধ্য ভারত ও গোলকুণ্ডা অঞ্চলেই প্রধানত হীরক পাওয়া যায়। এককালে ভারতবর্ষ প্রধান হীরক উৎপাদক দেশগুলির অন্যতম ছিল ; বর্তমানে বাৎসরিক উৎপাদন অতি সামান্য, মাত্র 2200 ক্যারাটের মতো।

হীরক, খনির মধ্যে সাধারণত ছোট ছোট ঘনক (cubic) বা অষ্টতল (octahedral) স্ফটিকরূপে পাওয়া যায়। স্ফটিকগুলির ওজন ক্যারাটে (carat) নির্ধারিত হয় ; ক্যারাট = 0·2054 গ্রাম। পৃথিবীবিখ্যাত কয়েকটি বৃহৎ হীরকের নাম—কুলিনান (আদি ওজন 3032 ক্যারাট), পিট (136·2 ক্যারাট), কোহিনূর (186 ক্যারাট), হোপ (44·5 ক্যারাট)।

হীরকের উপর আপতিত আলোকরশ্মি, উহার মধ্যস্থ বহুতল হইতে বিচ্ছুরিত হয় বলিয়া হীরককে অতি উজ্জ্বল দেখায়। ইহা বহুমূল্য মণিরূপেই সমাদৃত। ইহা বিশুদ্ধ কার্বনের স্বচ্ছ, বর্ণহীন কেলাসিত রূপ। ইহা কখনো কখনো সামান্য মাত্রায় অন্য মৌলযুক্ত হইয়া বর্ণযুক্তও হয়। কৃষ্ণবর্ণের হীরকগুলি, মণিরূপে মূল্যহীন ; এইগুলিকে কার্বনেডো (carbonado), বর্ট (bort) প্রভৃতি বলা হয় ; এগুলি শিল্পে বেশী ব্যবহৃত হয়। কৃত্রিম হীরকও* শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

বিশুদ্ধ হীরক, কার্বনের সর্বাধিক ঘনীভূত রূপ (ঘনাংক 3·52)। ইহা কঠিনতম পদার্থ, ইহা দ্বারা কাচ ও অন্যান্য দ্রব্যে সহজেই আঁচড় কাটা যায়। কিন্তু হীরক

* বিজ্ঞানী ময়সাঁ (Moissan) গলিত লৌহের মধ্যে 'শর্করা-অঙ্গার' যোগে বিক্রিয়া ঘটাইয়া কৃত্রিম হীরকের প্রস্তুতি উদ্ভাবন করেন। এই প্রণালীতে উৎপন্ন হীরক অতি ক্ষুদ্র হয় এবং উৎপাদন মূল্যও অত্যন্ত বেশী হয়।

কাটিতে গেলে হীরকের দ্বারাই কাটা সম্ভব। ইহা উচ্চ প্রতিসরাংকযুক্ত (2·42) এবং তড়িৎ ও তাপ অপরিবাহী। বিশুদ্ধ হীরক রঞ্জন রশ্মিকে প্রতিহত করে না, কিন্তু নকল হীরক করে।

ইহা অম্ল, ক্ষার ও অন্যান্য দ্রবণে অদ্রাব্য। নিষ্ক্রিয়তা ধর্মের জন্য ইহা সহজে অন্য পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করে না। হীরকের কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়া অবশ্য ঘটে; যথা—

$$C+O_2 \xrightarrow[800^\circ C]{\text{উচ্চতাপ}} CO_2\uparrow$$

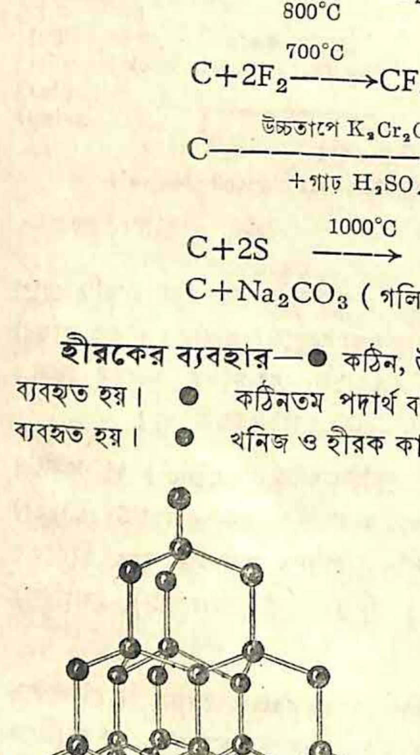
$$C+2F_2 \xrightarrow{700^\circ C} CF_4\uparrow \qquad [\,C=\text{হীরক}\,]$$

$$C \xrightarrow[+\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{উচ্চতাপে } K_2Cr_2O_7} CO_2\uparrow$$

$$C+2S \xrightarrow{1000^\circ C} CS_2\uparrow$$

$$C+Na_2CO_3\ (\text{গলিত}) = Na_2O+2CO\uparrow$$

হীরকের ব্যবহার— ● কঠিন, উজ্জ্বল, প্রতিসরণ ধর্মী ও নিষ্ক্রিয় বলিয়া রত্নরূপে ব্যবহৃত হয়। ● কঠিনতম পদার্থ বলিয়া, কাচ কাটাই ও খনিজ কাটাইয়ের যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়। ● খনিজ ও হীরক কাটাই ও পালিশ করার কার্যে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র নং 13·1

হীরকের সংগঠনসজ্জা—হীরকের কেলাসে কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পর পরস্পরের সহিত চতুস্তলক রূপে (tetrahedral) সম্বদ্ধ হইয়া একটি ত্রিমাত্রিক আয়তন গঠন করিয়া তোলে। ইহাতে দুইটি কার্বন পরমাণুর দূরত্ব 1·54Å ($1Å=10^{-8}$ সে.মি.), এবং যে কোন তিনটি কার্বন পরমাণুর দ্বারা (চিত্র নং 13·1) গঠিত কোণের পরিমাণ 109°28′।

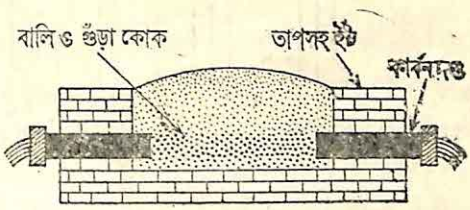
এই সংগঠনে প্রতিটি কার্বন পরমাণু অপর কার্বন পরমাণুর সহিত ইলেকট্রনযোগে সুদৃঢ় বন্ধনীর মাধ্যমে—একটি চতুস্তলক বৃহৎ অণু (giant molecule) গড়িয়া তোলে। উহাতে প্রতিটি C-পরমাণু অপর C-পরমাণুর দৃঢ় সন্নিবদ্ধ (এই কারণেই হীরক কঠিনতম পদার্থ)। এইরূপ সংগঠনের সুদৃঢ় বন্ধনীর (sp^3) মধ্য হইতে কোনো ইলেকট্রনই স্থানচ্যুত হওয়া অসম্ভব বলিয়া হীরক তড়িৎ-অপরিবাহী।

□ গ্রাফাইট (Graphite) ঃ

যদিও হীরক ও গ্রাফাইট উভয়েই প্রাকৃতিক কার্বনের কেলাসিত রূপ, কিন্তু উহাদের আকৃতি ও প্রকৃতির প্রচুর পার্থক্য আছে। পরমাণুসজ্জার পার্থক্য হইতেই, ইহাদের ধর্মের পার্থক্য উদ্ভূত হয়।

প্রাকৃতিক গ্রাফাইট প্লাম্বেগো (plumbago) নামক খনিজ রূপে—সিংহল, সাইবেরিয়া, বোহেমিয়া, ক্যালিফোর্নিয়া প্রভৃতি স্থানে পাওয়া যায়। প্রাকৃতিক গ্রাফাইটের উৎস অল্প বলিয়া, ইহাকে সাধারণত 'অ্যাকেসন পদ্ধতি'তে (Acheson's process) কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত করা হয়।

এই পদ্ধতিতে একটি বিশেষভাবে নির্মিত তড়িৎ চুল্লীর (চিত্র নং 13·2) মধ্যে বালি (SiO_2) ও গুঁড়া কোকের মিশ্রণ লওয়া হয়; পরে তড়িৎ চুল্লীর নিম্নে দুইটি স্বল্প ব্যবধানে রক্ষিত কার্বন দণ্ডের সাহায্যে উচ্চ ভোল্টের তড়িৎ প্রবাহ 24-30 ঘণ্টা চালনা করা হয়। ফলে তীব্র উত্তাপে (4000°C) প্রথমে সিলিকন কার্বাইড উৎপন্ন হয়; পরে উহা বিযোজিত হইয়া গ্রাফাইট ও সিলিকন উৎপন্ন করে। সিলিকন উচ্চ তাপে বাষ্পীভূত হইয়া যায় ও গ্রাফাইট অবশেষ রূপে পাওয়া যায়।



চিত্র নং 13·2

$$SiO_2+3C=SiC+2CO\ ;\ SiC=Si+C \text{ (গ্রাফাইট)}$$

গ্রাফাইট ধাতুর মত উজ্জ্বল ধূসর বর্ণের নরম, মসৃণ-পদার্থ। ইহাকে স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল লাগে। ইহা অনচ্ছ। ইহার ঘনাংক 2·2। ইহা কাগজে ঘষিলে কালো দাগ পড়ে; এই ধর্মের জন্যই ইহার দ্বারা লিখিবার পেন্সিল প্রস্তুত হয়। ইহা তাপ ও তড়িৎ সুপরিবাহী।

ইহা নিষ্ক্রিয় ধর্মী এবং অম্ল, ক্ষার ও অন্যান্য দ্রবণে অদ্রাব্য। হীরকের ন্যায় ইহারও কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। যথা—

$$C+Na_2CO_3 \text{ (গলিত)}=Na_2O+2CO\uparrow$$

$$C+O_2 \overset{700°C}{=} CO_2\uparrow$$

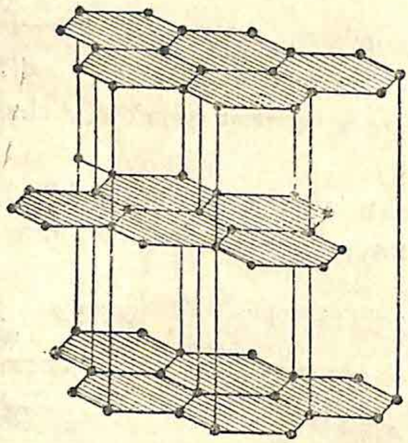
$$C \xrightarrow[\text{+ গাঢ় } H_2SO_4]{\text{উচ্চতাপে } K_2Cr_2O_7} CO_2\uparrow$$

$$C+2F_2 \overset{\text{উচ্চতাপ}}{=} CF_4$$

$$C+2KNO_3 \xrightarrow{\text{উচ্চতাপ}} CO_2+2KNO_2$$

$$C \xrightarrow[+KClO_3]{HNO_3} \underset{\text{গ্রাফাইটিক অ্যাসিড}}{C_{11}H_4O_5}$$

গ্রাফাইটের ব্যবহার—● পেন্সিল প্রস্তুতিতে সীসরূপে ব্যবহৃত হয়, ● তড়িৎ দণ্ডরূপে ব্যবহৃত হয়, ● গ্রাফাইট চূর্ণ, কঠিন পিচ্ছিলকারক রূপে (solid lubricant) ব্যবহৃত হয়।



চিত্র নং 13·3

গ্রাফাইটের সংগঠন সজ্জা—গ্রাফাইটে কার্বন পরমাণুগুলি ছয়টি করিয়া মিলিত হইয়া ষড়ভুজ গঠন করে। (চিত্র নং 13·3)। ষড়ভুজগুলি পরস্পর যুক্ত হইয়া একতলিক স্তর গঠন করে; স্তরের পর স্তর যুক্ত হইয়া গ্রাফাইট-কেলাস উৎপন্ন হয়। এই গঠনে, একই তলে দুইটি কার্বন পরমাণুর দূরত্ব 1·42Å, একই তলে তিনটি কার্বন পরমাণুর উৎপন্ন কোণ 120° এবং এক তলের ষড়ভুজের কার্বন পরমাণু হইতে অন্য তলের ষড়ভুজের কার্বন পরমাণুর দূরত্ব 3·40Å (চিত্র নং 13·3)।

এই সংগঠনে একই তলে ষড়ভুজ আকৃতিতে যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলি, নিম্নের বা উপরের, অনুরূপ তলের সহিত সংযুক্ত হইয়া যে সমগ্র গ্রাফাইট অণু গড়িয়া তোলে, উহাতে C-C পরমাণুগুলির আন্তর্তল বন্ধনীগুলি দুর্বল (এই কারণে গ্রাফাইট নরম)। হীরকের C-C বন্ধনী (sp^3) হইতে গ্রাফাইটের C-C বন্ধনীর (sp^2) প্রকৃতি আলাদা; উপরন্তু, গ্রাফাইটে এক বিশেষ ধরণের বন্ধনী (π-বন্ধনী) থাকে। ফলে, গ্রাফাইটের এই বন্ধনী হইতে ইলেকট্রন সহজেই বিচ্যুত হওয়ার সম্ভাব্যতা থাকে এবং সে কারণেই গ্রাফাইট তড়িৎ-সুপরিবাহী।

□ অঙ্গারের নানা রূপ (Different types of Charcoal):

● **উদ্ভিজ্জ অঙ্গার:** বদ্ধ লৌহ-রিটর্টে কাঠের অন্তর্ধূম পাতন করিলে, উদ্বায়ী পদার্থগুলি নির্গত হইয়া যায় ও অবশেষরূপে যে অনিয়তাকার কৃষ্ণবর্ণের অঙ্গার পড়িয়া থাকে উহাই 'উদ্ভিজ্জ অঙ্গার' বা কাঠ কয়লা।

● **শর্করা অঙ্গার:** গাঢ় ইক্ষু শর্করার (cane sugar) দ্রবণকে গাঢ় H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত করিলে, কার্বন বিমুক্ত হয়; ইহাকে 'শর্করা-অঙ্গার' বলা হয়; ইহা বিশুদ্ধ কার্বন।

$$C_{12}H_{22}O_{11}+[H_2SO_4]=12C+[H_2SO_4+11H_2O]$$

● **নারিকেল অঙ্গার:** শুষ্ক নারিকেল খোলাকে আবদ্ধ পাত্রে অন্তর্ধূম পাতন করিলে অবশেষরূপে পাত্রে যে কঠিন অঙ্গার পাওয়া যায়, উহাই নারিকেল

অঙ্গার। এই অঙ্গারের গ্যাস শোষণ ক্ষমতা অত্যধিক বলিয়া, ইহাকে '**উজ্জীবিত অঙ্গার**' (activated charcoal) বলা হয়। করাতের গুঁড়াও অনুরূপ প্রক্রিয়ায়, অনুরূপ উজ্জীবিত অঙ্গার উৎপন্ন করে।

● **অস্থিজ অঙ্গার ঃ** প্রাণীদেহের হাড়ের অন্তর্ধূম পাতনের শেষে যে কঠিন কৃষ্ণবর্ণের অবশেষ পাওয়া যায় উহা ক্যালসিয়াম ফসফেট ও প্রাণীজ অঙ্গারের মিশ্র। এই মিশ্রকে HCl-অ্যাসিড যোগে বিক্রিয়া করিলে, ক্যালসিয়াম ফসফেট দ্রবীভূত হয় ও অস্থিজ অঙ্গার অবশেষ রূপে পাওয়া যায়। ইহাকে 'আইভরি ব্ল্যাক'ও (ivory black) বলা হয়।

● **রক্তজ অঙ্গার ঃ** প্রাণীদেহের রক্তের অন্তর্ধূম পাতন করিলে, কঠিন কৃষ্ণবর্ণের অবশেষরূপে রক্তজ অঙ্গার পাওয়া যায়।

অঙ্গারগুলি কালো, কঠিন, নরম, অনিয়তাকার পদার্থ। ইহারা জলে অদ্রাব্য। ঘনাংক 1·4—1·6। ইহারা তাপ ও তড়িৎ কুপরিবাহী। অঙ্গার সচ্ছিদ্র বলিয়া জলে ভাসে এবং গ্যাস শোষণ করে। শোষিত গ্যাস অঙ্গারের উপরিতলে ভৌতরূপে সংযুক্ত হইয়া থাকে; এই ধর্মকে অঙ্গারের 'উপরিতল শোষণ ধর্ম' বা 'বহির্ধৃতি' (adsorption) বলা হয়। বিভিন্ন রঙিন দ্রবণে অঙ্গারযুক্ত করিয়া পরিস্রাবণ করিলে রঙিন পদার্থের অণুগুলি অঙ্গারে বহির্ধৃত হইয়া দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যায় বলিয়া অঙ্গার বিরঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়।

অঙ্গার* একটি শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। ইহার উচ্চ তাপে বিজারণ ক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ—

$$CuO+C = Cu+CO\;;\quad PbO+C=Pb+CO$$
$$ZnO+C = Zn+CO\;;\quad H_2O+C=CO+H_2\;;$$
$$CO_2+C = 2CO\;;\quad C+2S=CS_2\;;$$
$$C+2H_2SO_4 = CO_2+2SO_2+2H_2O$$
$$C+4HNO_3 = CO_2+4NO_2+2H_2O$$
$2C+N_2 = C_2N_2$ (সায়ানোজেন গ্যাস)

$2C+H_2 = C_2H_2$ (অ্যাসিটিলিন গ্যাস) [C = অঙ্গার]

□ **অঙ্গারের ব্যবহার ঃ** ● ধাতুশিল্পে বিজারকরূপে, ● চিনিশিল্পে বিরঞ্জকরূপে, ● পরিস্রাবক (filter) রূপে, ● রং হিসাবে (আইভরি ব্ল্যাক), ● গ্যাস শোষকরূপে ● বারুদ প্রস্তুতিতে—অঙ্গারের ব্যবহার হয়।

● **ভূষা কালি ঃ** জ্বলন্ত মোমবাতির বা প্রদীপের শিখার উপর শীতল পাত্র ধরিলে কালো ভূষা পড়ে। নানা উদ্ভিজ্জ তৈল (অপূর্ণ যৌগজাতীয়) ও খনিজ তৈল অপ্রচুর বায়ুতে দহন করিলে অনুরূপ ভূষাযুক্ত শিখা উৎপন্ন হয়; ইহা কোন কঠিন শীতল পাত্রে

* এখানে অঙ্গার বলিতে প্রধানত কাঠকয়লা বা উদ্ভিজ্জ অঙ্গারকেই গণ্য করা হইয়াছে।

জমাইয়া সংগ্রহ করা হয়। ইহা কৃষ্ণবর্ণের সূক্ষ্ম চূর্ণ, জলে অদ্রাব্য এবং তাপ ও তড়িৎ কুপরিবাহী। ইহা ছাপা কালি, জুতার কালি ও রঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়।

● **কয়লা, কোক ও গ্যাসকার্বন ঃ** ভূগর্ভের চাপ ও তাপের ফলে, দীর্ঘকাল ধরিয়া ভূ-নিম্নে প্রোথিত উদ্ভিদ দেহের জৈব উপাদানগুলির (C, H, O) রূপান্তরণ ঘটিয়া ক্রমশঃ উহা কৃষ্ণবর্ণের কয়লায় রূপান্তরিত হয়। প্রোথিতকাল যত বাড়ে অর্থাৎ কয়লার বয়স যত বেশী হয়, ততই কয়লার মধ্যে কার্বন উপাদানটির মাত্রা বাড়ে। এই কার্বনের মাত্রানুসারে কয়লাকে (i) পিট (peat, 50%C), (ii) লিগ্‌নাইট (lignite, 67%C), (iii) বিটুমিনাস (bituminous, 88%C) এবং (iv) অ্যানথ্রাসাইট (anthracite, 94%C) বলা হয়।

অ্যানথ্রাসাইট কয়লাকে আবদ্ধ পাত্রে অন্তর্ধূম পাতন করিলে উদ্বায়ী পদার্থগুলি নির্গত হইয়া যে কৃষ্ণবর্ণের অতি কঠিন পদার্থ অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে, উহাই কোক (coke)।

অন্তর্ধূম পাতন করিয়া কোক উৎপাদনের সময়, আবদ্ধ পাত্রের গাত্রে কৃষ্ণবর্ণের যে সূক্ষ্ম অথচ কঠিন প্রলেপ পড়ে, উহাই **গ্যাস কার্বন** (gas carbon)।

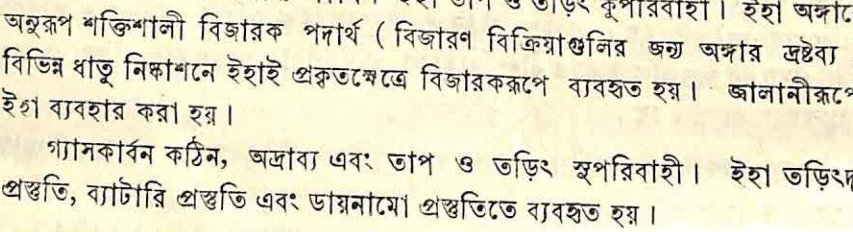
কোক ঘন কঠিন অদ্রাব্য পদার্থ। ইহা তাপ ও তড়িৎ কুপরিবাহী। ইহা অঙ্গারের অনুরূপ শক্তিশালী বিজারক পদার্থ (বিজারণ বিক্রিয়াগুলির জন্য অঙ্গার দ্রষ্টব্য)। বিভিন্ন ধাতু নিষ্কাশনে ইহাই প্রকৃতক্ষেত্রে বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়। জ্বালানীরূপেও ইহা ব্যবহার করা হয়।

গ্যাসকার্বন কঠিন, অদ্রাব্য এবং তাপ ও তড়িৎ সুপরিবাহী। ইহা তড়িৎদণ্ড প্রস্তুতি, ব্যাটারি প্রস্তুতি এবং ডায়নামো প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

□ কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদগুলি একই কার্বন মৌলের প্রকারভেদ ঃ

কার্বনের আলোচিত বিভিন্ন রূপভেদগুলি যে একই কার্বন মৌল দ্বারা গঠিত তাহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়। 13·4 নং চিত্রানুযায়ী একটি যন্ত্রসজ্জা লওয়া হয়।

দহননল A'-র মধ্যে একটি পোর্সিলেন বাটিতে কার্বনের যে-কোন রূপভেদের একটির 1 গ্রাম ওজন লওয়া হয়। দহন নলটির মধ্যাংশ CuO-পূর্ণ থাকে। নলটির



চিত্র নং 13·4

বাম প্রান্ত হইতে আগম-নলযোগে বিশুদ্ধ অক্সিজেন চালনা করা হয়। দহন নলের

দক্ষিণ প্রান্ত একটি নির্গম-নল দ্বারা কঠিন KOH-পূর্ণ একটি U-নল এবং কঠিন গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ একটি রক্ষী-নলের সহিত যুক্ত করা হয়। এখন দহন নলটিকে উত্তপ্ত করিলে, উত্তপ্ত CO অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া CO_2-রূপে (কোন CO উৎপন্ন হইলে, উহা CuO যোগে CO_2-তে পরিণত হইয়া যায় : $CuO+CO = Cu+CO_2$) নির্গত হইয়া KOH-নলে শোষিত হয়। পরীক্ষার পূর্বে ও পরে KOH ও $CaCl_2$ নল ওজন করা হয় এবং পরীক্ষাশেষে আবার ওজন করা হয়। দুইবারের ওজনের পার্থক্য হইতে উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ জানা যায়।

পরীক্ষায় দেখা যায়, কার্বনের যে কোন রূপভেদের 1 গ্রাম লওয়া হইলে, উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ সর্বক্ষেত্রেই এক হয়। ইহা হইতে প্রমাণিত হয়, সকল রূপভেদ-গুলিই—একই কার্বন মৌলদ্বারা গঠিত।

সংকেত – P
অণু—P_4
পরমাণু ক্রমাংক—15
পাঃ ওঃ—30·98
সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন সজ্জা—$3s^2p^3$
যোজ্যতা—3,5.

ফসফোরাস (Phosphorus)

কঠিন অধাতুগুলির মধ্যে ফসফোরাস অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ মৌল। ইহা জৈব ও উদ্ভিদ দেহের গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। যে কোন জৈবকোষে ফসফোরাস যৌগ বর্তমান থাকে। প্রাণীদেহের অস্থি'র 58% উপাদান ক্যালসিয়াম ফসফেট নামে ফসফোরাসের যৌগ। উদ্ভিদ-খাদ্যের অন্যতম মূল পদার্থ ফসফেট লবণসমূহ; সেইজন্যই কৃষিতে ফসফেট সারের প্রয়োজন ও প্রয়োগ হয়।

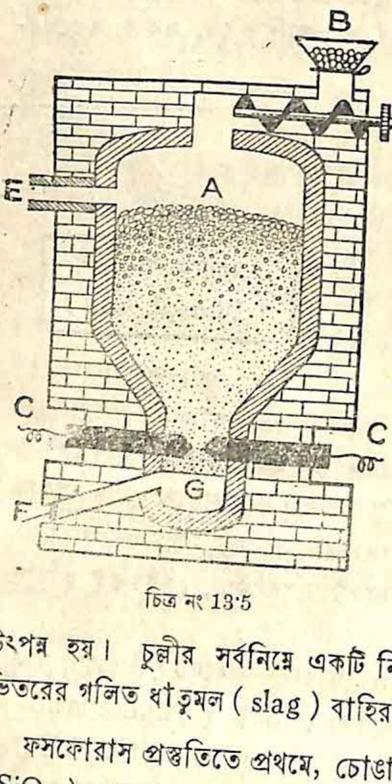
প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের অস্তিত্ব ছাড়াও, ফসফোরাস—ফসফেট যৌগরূপে, নানা প্রাকৃতিক খনিজে বর্তমান থাকে; যেমন ফ্লুয়োরঅ্যাপেটাইট [(fluorapatite) $3Ca_3(PO_4)_2CaF_2$], ক্লোরঅ্যাপেটাইট [(chlorapatite) $3Ca_3(PO_4)_2 3CaCl_2$], ভিভিয়ানাইট [(vivianite) $Fe_3(PO_4)_3, 8H_2O$] ফসফোরাইট [(phosphorite) $Ca_3(PO_4)_2$] ইত্যাদি।

ফসফোরাস প্রথম প্রস্তুত করেন **ব্র্যাণ্ড** (1674); ইহার মৌলধর্মের পূর্ণ অনুশীলন করেন **ল্যাভোয়াসিয়ে** (1777)।

□ **ফসফোরাসের প্রস্তুতি :** খনিজ ফসফেট, ফসফোরাইট অথবা অস্থিভস্ম (bone ash) হইতে ফসফোরাস প্রস্তুত হয়।

অস্থি হইতে অস্থিভস্ম প্রস্তুতির জন্য প্রথমে কাঁচা হাড়কে জৈব দ্রাবকে ধৌত করা হয়; ফলে চর্বিজাতীয় পদার্থগুলি হাড় হইতে দ্রবীভূত হইয়া যায়। ইহার পর হাড়

অতি তপ্ত জলযোগে পুনরায় ধৌত করিয়া জিলাটিন জাতীয় পদার্থ পৃথক করা হয়। ধৌত হাড় একটি আবদ্ধ লৌহরিটর্টে তীব্র উত্তপ্ত করিয়া যে কৃষ্ণবর্ণ অবশেষ পাওয়া যায় উহা ক্যালসিয়াম ফসফেট ও প্রাণীজ অঙ্গারের মিশ্র। এই মিশ্রটিকে বায়ুতে পুনরায় তীব্র উত্তপ্ত করিলে অঙ্গার দহিত হইয়া যে সাদা অবশেষ পাওয়া যায় তাহা প্রধানত ক্যালসিয়াম ফসফেট (80-85%) ; এই সাদা অবশেষকেই '**অস্থিভস্ম**' (bone ash) বলা হয়।



চিত্র নং 13·5

অস্থিভস্ম হইতে ফসফোরাস প্রস্তুতির* জন্য একটি বিশেষ ধরণের তড়িৎ-চুল্লী ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ-চুল্লীটি 13·5 নং চিত্রে দেখান হইয়াছে।

সমগ্র চুল্লীটি একটি কক্ষাকৃতি। ইহা অগ্নিসহ ইষ্টক দ্বারা নির্মিত হয়। ইহার উপরিভাগে একটি চোঙা (hopper) আছে এবং চোঙা মুখ (B) দিয়া প্রবিষ্ট অস্থিভস্মকে চুল্লীর ভিতরে চালিত করার জন্য একটি স্ক্রু-চালক (D) আছে। চুল্লীর উপরিভাগে একটি নির্গম নল (E) পথে, চুল্লীর ভিতরের উৎপন্ন গ্যাসগুলি বাহিরে আসে। চুল্লীর নিম্নদেশে দুইটি তড়িৎদণ্ড (CC) থাকে ; ইহার মধ্য দিয়া উচ্চ ভোল্টেজে তড়িৎ চালনা করিয়া তড়িৎ-শিখা বা আর্ক (arc) উৎপন্ন হয় এবং ফলে চুল্লীতে প্রচণ্ড তাপ উৎপন্ন হয়। চুল্লীর সর্বনিম্নে একটি নির্গম নল (F) থাকে ; ইহার মাধ্যমে চুল্লীর ভিতরের গলিত ধাতুমল (slag) বাহির হইয়া আসে।

ফসফোরাস প্রস্তুতিতে প্রথমে, চোঙামুখ দিয়া অস্থিভস্ম বা খনিজ ফসফেট, বালি (SiO_2) এবং সূক্ষ্ম কোকচূর্ণের মিশ্র চুল্লীতে প্রবিষ্ট করান হয়। ইহার পর চুল্লীতে তড়িৎ-শিখা উৎপন্ন করিলে, উহার প্রচণ্ডতাপে, প্রবিষ্ট পদার্থগুলির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিতে থাকে।

(i) প্রথমত, ক্যালসিয়াম ফসফেট ও সিলিকা বিক্রিয়া যোগে ক্যালসিয়াম ফসফেট ও ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন করে—

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

* এই পদ্ধতিটিকে 'রীডম্যান, পার্কার ও রবিনসন পদ্ধতি' বলা হয়।

(ii) দ্বিতীয়ত, উৎপন্ন ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড উত্তপ্ত কোক যোগে বিজারিত হইয়া ফসফোরাস ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়।

$$2P_2O_5 + 10C = 10CO\uparrow + P_4\uparrow$$

উৎপন্ন CO ও P_2O_5, উপরের নির্গম নল (E) পথে বাহির হইয়া আসে এবং উৎপন্ন ধাতুমল Ca_2SiO_3 গলিত হইয়া (1150° – 1450°C), চুল্লী নিম্নে (G) জমে ও পরে নির্গম নল (F) পথে উহাকে বাহির করিয়া লওয়া হয়।

উৎপন্ন CO ও P_2O_5 গ্যাসমিশ্র জলে চালিত করিলে, জলের নীচে কঠিন ফসফোরাস জমিয়া যায় ও অদ্রাব্য CO, গ্যাস রূপে বহির্গত হইয়া যায়।

ফসফোরাসের বিশোধন : উত্তপ্ত করিলে জলের নীচে প্রাপ্ত ফসফোরাস গলিত হইয়া যায়; এই গলিত ফসফোরাসের সহিত $K_2Cr_2O_7$ ও গাঢ় H_2SO_4 যোগ করিলে—কলুষ পদার্থগুলি জারিত হইয়া যায় বা স্তররূপে ভাসিয়া উঠে। গলিত তরল ফসফোরাসকে শ্যাময়-চামড়ার (chamois leather) মধ্য দিয়া ফিল্টার করিয়া উহাকে জলতলেই সংগ্রহ করা হয়।

এইভাবে প্রাপ্ত ফসফোরাসের বর্ণ সাদা বা ফিকা হলুদ বলিয়া উহাকে সাদা বা হলুদ ফসফোরাস (white or yellow phosphorous) বলা হয়।

□ ফসফোরাসের ধর্ম :

ফসফোরাসের পরমাণুক্রমাংক 15 এবং পারমাণবিক ওজন 31 (প্রায়)। ইহার পরমাণুতে 15টি প্রোটন, 16টি নিউট্রন ও 15টি ইলেকট্রন থাকে। ইলেকট্রনগুলির গঠনসজ্জা, কক্ষানুযায়ী যথাক্রমে 2.8.5 ($1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^3$)। পর্যায় সারণীতে, ইহার স্থান পঞ্চম গ্রুপের দ্বিতীয় মৌল হিসাবে। পর্যায় সারণীতে ইহার পূর্ববর্তী মৌলটি অধাতু সিলিকন এবং পরবর্তী মৌলটি অধাতু সালফার। একই গ্রুপে অবস্থিত, প্রথম মৌল নাইট্রোজেনের সহিত ইহার বহু সাদৃশ্য দেখা যায়।

ফসফোরাসের যোজ্যতা 3 এবং 5। ফসফাইড যৌগগুলিতে ইহা তড়িৎ যোজ্যতা (3) প্রদর্শন করে; অন্য প্রধান যৌগগুলিতে ফসফোরাস সমযোজ্যতা (3 এবং 5) প্রদর্শন করে; সংযোজনকালে, ইহার ইলেকট্রন সজ্জায় 'লোন পেয়ার' ধর্মী* ইলেকট্রন-জুটি দেখা যায় বলিয়া ইহার কোঅর্ডিনেট যোজ্যতাও দেখা যায়।

ভৌত ধর্ম—সাদা (বা হলুদ) ফসফোরাস, সাদা কঠিন অনচ্ছ পদার্থ। ইহা নরম মোমের মতো। ইহার অণুতে চারিটি পরমাণু থাকে বা অণুসংকেত P_4; এই চারিটি পরমাণুর সম্মিলিত রূপ চতুস্তলক (tetrahedral)। ইহার কেলাস আকৃতি আছে। ইহার গলনাংক 44·1°, স্ফুটনাংক 287°, ঘনাংক 1·83। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু নানা জৈব দ্রাবক (ইথার, অ্যালকোহল, বেনজিন) বিশেষ করিয়া CS_2-তে দ্রাব্য। উচ্চতাপে ইহার অণু সরলতর হয়।

$$P_4 \overset{>800°C}{\rightleftharpoons} 2P_2$$

* দ্বিতীয় খণ্ড—তৃতীয় অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

সাদা ফসফোরাস, ফসফোরাসের অস্থায়ী রূপ। ইহা রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে ফসফোরাসের সুস্থিত রূপভেদ, লাল ফসফরাসে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—P একটি অতি সক্রিয় মৌল ; সাধারণ উষ্ণতায় ইহা বায়ুর সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে বলিয়া ইহাকে সর্বদাই জলনিম্নে রাখা হয়।

- সাদা P সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুর সংস্পর্শে প্রজ্বলিত হইয়া ফসফোরাস পেন্টকসাইড উৎপন্ন করে ; কিছু ফসফোরাস ট্রায়কসাইডও উৎপন্ন হয়।

$$P_4+5O_2=2P_2O_5\ ; \quad P_4+3O_2=2P_2O_3.$$

- সাদা P, হ্যালোজেন মৌলগুলির (F, Cl, Br, I) সহিত সাধারণ উষ্ণতায় তীব্র বিক্রিয়াসহ হ্যালাইড যৌগ গঠন করে।

$$P_4+5F_2=2P_2F_5\ ; \quad P_4+6Cl_2=4PCl_3$$
$$P_4+10Cl_2=4PCl_5\ ; \quad P_4+6Br_2=4PBr_3$$
$$P_4+6I_2=4PI_3$$

- **সাদা** P, উষ্ণ কস্টিক ক্ষার দ্রবণের সহিত ফসফিন গ্যাস ও হাইপোফসফাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$P_4+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$$

P-এর অন্য রূপভেদ, লাল ফসফোরাস এই বিক্রিয়াটি করে না।

- P, উত্তপ্ত গাঢ় HNO_3-এর সহিত ফসফোরিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$P_4+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2.$$

- P একটি বিজারক পদার্থ ; $CuSO_4$ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা ধাতব Cu উৎপন্ন করে ; অম্লীকৃত আয়োডেট দ্রবণ হইতে ইহা আয়োডিন বিযুক্ত করে ;

$$2P+5CuSO_4+8H_2O=5Cu+2H_3PO_4+5H_2SO_4$$
$$2P+2KIO_3+H_2SO_4+2H_2O=2H_3PO_4+K_2SO_4+I_2$$

- P সালফারের সহিত তীব্র বিক্রিয়া করিয়া নানা যৌগ—P_2S_5, P_4S_7 এবং P_4S_3 উৎপন্ন করে।

- বহু ধাতুর সহিত উচ্চতাপে P, ফসফাইড শ্রেণীর যৌগ গঠন করে।

$$P\ +6Ca=2Ca_3P_2.$$

☐ ফসফোরাসের বহুরূপতা :

কার্বন এবং সালফারের ন্যায়, ফসফোরাসেরও বহুরূপতা এক বিশিষ্ট ধর্ম। লাল ফসফোরাস (red phosphorous), বেগুনী ফসফোরাস (scarlet phosphorus), ধাতব বা কালো ফসফোরাস (metallic or black phosphorus) ইত্যাদি রূপে ফসফোরাসের কয়েকটি রূপভেদ থাকিলেও—ফসফোরাসের রূপভেদের মধ্যে একমাত্র লাল ফসফোরাস রূপভেদটিই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

লাল ফসফোরাস : সাদা ফসফোরাসকে থার্মোমিটারযুক্ত একটি আবদ্ধ লৌহ রিটর্টে বায়ুশূন্য অবস্থায় (বা নিষ্ক্রিয় গ্যাসপূর্ণ অবস্থায়) 240°C উষ্ণতায়, কয়েক ঘণ্টা

উত্তপ্ত করিলে—সাদা ফসফোরাস, লাল ফসফোরাসে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি, অত্যল্প পরিমাণ আয়োডিন অনুঘটকের সান্নিধ্যে সুচারুরূপে সম্পন্ন হয়। এই প্রস্তুতিতে উষ্ণতা 240°C. নিয়ন্ত্রণ করা একান্ত আবশ্যক।

বিক্রিয়াশেষে আবদ্ধ পাত্রটিকে শীতল করিয়া অন্তর্গাত্র হইতে লাল প্রলেপরূপে উৎপন্ন লাল ফসফোরাস সংগ্রহ করা হয়। ইহাকে পরে গাঢ় NaOH দ্রবণ যোগে উত্তপ্ত করিলে, সংশ্লিষ্ট অবিকৃত সাদা P, ফসফিনে পরিণত হয় ও লাল P বিশুদ্ধরূপে পাওয়া যায়।

লাল ফসফোরাসকে 290°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ইহা ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত হইয়া পুনরায় সাদা ফসফোরাসে রূপান্তরিত হয়। সুতরাং দুইটি রূপভেদের আন্তর্-পরিবর্তন

$$\underset{\text{সাদা}}{P} \underset{290^\circ C}{\overset{240^\circ C}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{লাল}}{P}$$

লাল ফসফোরাসের অণু বহু পরমাণু বিশিষ্ট। আপাতভাবে ইহাকে অনিয়তাকার মনে হয়; কিন্তু ইহা সূক্ষ্ম কেলাস কণার সমষ্টি।

লাল ফসফোরাস সাদা ফসফোরাসের ন্যায় সক্রিয় নয়। ইহাকে নিরাপদে নাড়াচাড়া করা যায়। ইহার রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি (NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া বাদে) সাদা ফসফোরাসের অনুরূপ। ইহার ভৌত-ধর্মগুলি অবশ্য অনেকক্ষেত্রেই সাদা ফসফোরাসের ধর্ম হইতে পৃথক। নিম্নের তালিকায় এই পার্থক্যগুলি দেখান হইয়াছে।

লাল ও সাদা ফসফোরাসের তুলনা

ধর্ম	লাল ফসফোরাস	সাদা ফসফোরাস
গলনাংক	প্রায় 610°	44°
স্ফুটনাংক	অতি উচ্চ	280·5°
ঘনাংক	2·16	1·83
CS_2 দ্রাবকে দ্রাব্যতা	অদ্রাব্য	দ্রাব্য
প্রজ্জ্বলন উষ্ণতা	260°C	প্রায় 30°C
বায়ুর সহিত নিম্ন উষ্ণতায় বিক্রিয়া	দহন বা দীপ্তি দেখা যায় না	মৃদু দহন ঘটে ও মৃদু দীপ্তি দেখা যায়
Cl_2-এর সহিত বিক্রিয়া	উচ্চ তাপে বিক্রিয়া ঘটে	সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া ঘটে
NaOH দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	বিক্রিয়া হীন	বিক্রিয়া ঘটে ও PH_3 উৎপন্ন হয়
বিষক্রিয়া	নির্বিষ	বিষাক্ত

☐ ফসফোরাসের ব্যবহার :

● সাধারণ দিয়াশলাই প্রস্তুতিতে, কাঠির বারুদ ও ঘর্ষকগাত্রে, লাল ফসফোরাস ব্যবহৃত হয়। ● ইঁদুরমারা বিষে—লাল ফসফোরাস ব্যবহৃত হয়। ● সাদা

ফসফোরাস P_2O_5, PCl_3, PCl_5 প্রভৃতি যৌগ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ● সাদা ফসফোরাস—কিছু ধাতুসংকর প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়, যেমন ফসফোর ব্রোঞ্জ (phosphor bronze)। ● সাদা ফসফোরাস—অগ্নি উৎপাদক বোমা ও বিষবাষ্পে ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেন ও ফসফোরাসের তুলনা

পর্যায় সারণীতে নাইট্রোজেন ও ফসফোরাস উভয় মৌলই একই গ্রুপযুক্ত অর্থাৎ পঞ্চম গ্রুপের মৌল বলিয়া, ইহাদের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়। অবশ্য কোন কোন ক্ষেত্রে বৈসাদৃশ্যও পরিলক্ষিত হয়। ১৩

	নাইট্রোজেন	ফসফোরাস
● পরমাণু ক্রমাংক	7	15
● ইলেকট্রনীয় গঠন	2.5	2.8.5
● পারমাণবিক ওজন	14	31
● তড়িৎ ঋণাত্মকতা	3·0	2·1
● পারমাণবিক আয়তন	0·70	1·10
● গলনাংক	$-210°$	$44°$
● অবস্থা (সাধারণ উষ্ণতায়)	গ্যাস	কঠিন
● অণুর (সাধারণ গঠন)	N_2	P_4
● রূপভেদ	সাধারণ নাইট্রোজেন ও 'অ্যাকটিভ নাইট্রোজেন'	সাদা ফসফোরাস ও লাল ফসফোরাস
● প্রধান যোজ্যতা	$-3, +3, +5$	$-3, +3, +5$
● যোজ্যতার প্রকৃতি	ধাতব যৌগ বাদে, অন্য যৌগে সমযোজী	ধাতব যৌগ বাদে, অন্য যৌগে সমযোজী
● প্রধান হাইড্রাইড ও উহার প্রকৃতি	NH_3 ক্ষারধর্মী; অম্লকে প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়াম (NH_4+) লবণ করে।	PH_3 মৃদু ক্ষারধর্মী ; অম্লকে প্রশমিত করিয়া ফসফোনিয়াম (PH_4+) লবণ করে।
● প্রধান অক্সাইড সমূহ ও অক্সাইডের প্রকৃতি	N_2O, NO, N_2O_3, NO_2, N_2O_5 : N_2O_3 ও N_2O_5 আম্লিক।	P_2O_3, P_2O_5 ; P_2O_3 ও P_2O_5 আম্লিক।
● প্রধান অক্সিঅ্যাসিড সমূহ	HNO_2 ও HNO_3	H_3PO_3 ও H_3PO_4
● প্রধান হ্যালাইড সমূহ ও উহাদের প্রকৃতি	অস্থায়ী ট্রাইহ্যালাইড NX_3 ($X=F, Cl, I$) পেণ্টাহ্যালাইড হয় না। হ্যালাইডগুলির আর্দ্রবিশ্লেষ ঘটে।	স্থায়ী ট্রাইহ্যালাইড PX_3 ($X=F, Cl, Br, I$) পেণ্টাহ্যালাইড PX_5 হয় ($X=F, Cl, Br$) হ্যালাইডগুলির আর্দ্রবিশ্লেষ ঘটে।
● ধাতব যৌগ	নাইট্রাইড গঠন করে ; যেমন, Mg_3N_2।	ফসফাইড গঠন করে ; যেমন, Mg_3P_2।

সংকেত—S
অণু—S_8
পরমাণু ক্রমাংক—16
পাঃ ওঃ—32
সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন সজ্জা—$3s^2p^4$
যোজ্যতা—2, 4, 6

সালফার (Sulphur)

দৈনন্দিন জীবনে পরিচিত মৌলগুলির মধ্যে সালফার বা গন্ধক অন্যতম। জৈব-কোষের প্রোটোপ্লাজমে ও জৈবদেহের অন্যান্য যৌগে সালফার বর্তমান থাকে। ভূত্বকের 0·1% উপাদান সালফার ঘটিত নানা খনিজ। প্রাকৃতিক সালফার অযুক্ত মৌলরূপেও পাওয়া যায়।

অযুক্ত মৌল সালফার আগ্নেয়গিরি বা সন্নিকট অঞ্চলে যেমন জাপান, সিসিলি প্রভৃতি স্থানে পাওয়া যায়। আমেরিকার লুইসিয়ানা, টেক্সাস প্রভৃতি অঞ্চলে, ভূগর্ভের 300-350 মিটার নিম্নে মৌল সালফারের একটি বিপুল স্তর অবস্থিত। ইহা হইতেই, পৃথিবীর মূল সালফারের যোগান সরবরাহ হয়। ভারতবর্ষে মৌল সালফারের কোন খনিজ অস্তিত্বের সন্ধান এখনো পাওয়া যায় নাই। ভারতবর্ষে সালফারের চাহিদা, বিদেশী জোগানেরই উপরই নির্ভরশীল।

যৌগ রূপে সালফার নানা ধাতব সালফাইড খনিজে বর্তমান থাকে, যেমন আয়রন পাইরাইটিস (FeS_2), কপার পাইরাইটিস ($CuFeS_2$), গ্যালেনা (PbS), জিংক ব্লেণ্ড ইত্যাদি। সালফার, ধাতব সালফেটরূপেও নানা খনিজে পাওয়া যায়, যেমন জিপসাম ($CaSO_4 . 2H_2O$), ব্যারাইটিস ($BaSO_4$) ইত্যাদি।

□ সালফারের প্রস্তুতি ঃ

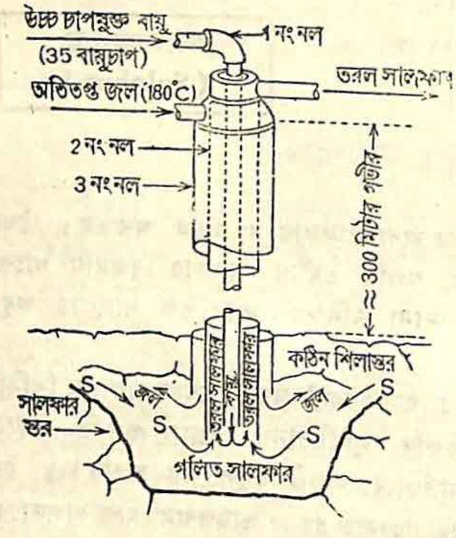
সালফারের খনিজ যৌগগুলি হইতে সালফার সহজে ও সুলভে নিষ্কাশন করা যায় না। প্রাকৃতিক অবিশুদ্ধ মৌল সালফারের উৎস হইতেই সালফার প্রস্তুত করা হয়।

(i) আমেরিকায় ভূ-নিম্নে অবস্থিত সালফার স্তর হইতে উহার নিষ্কাশন যে পদ্ধতিতে করা হয়, উহা **'ফ্র্যাশ পদ্ধতি'** (Frasch process) নামে পরিচিত।

এই পদ্ধতিতে, নলকূপ খননের মত একটি নল—(1নং নল) খনন করিয়া মাটির গভীরে (সালফার স্তর পর্যন্ত) প্রোথিত করা হয়; পরে এই নলটিকে কেন্দ্র করিয়া আরো দুইটি বৃহত্তর ব্যাসের নল (2নং ও 3নং নল) অনুরূপভাবে প্রোথিত করা হয়। এখন বৃহত্তম ব্যাসের (3নং) নলের মধ্য দিয়া 180°C উষ্ণতায় অতিতপ্ত জল* সচাপে প্রবিষ্ট করা হয় ও একই কালে সর্ব ভিতরের ক্ষুদ্রতম ব্যাসের (1নং) নলটি দিয়া অতি উচ্চচাপে (35 বায়ু চাপ) বায়ু প্রবিষ্ট করান হয় (চিত্র নং 13.6)।

* জলের স্ফুটনাংক 100°C। কিন্তু স্ফুটনাংক চাপের উপর নির্ভরশীল বলিয়া উচ্চচাপে (10–18 বায়ুচাপে) সুদৃঢ় বয়লারে জলকে 180°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলেও, উহা তরল থাকে।

অতিতপ্ত জল যখন ভূ-নিম্নে সালফার স্তরে পৌছায় তখন উহার সংস্পর্শে ভূ-নিম্নের কঠিন সালফার গলিত হইয়া যায় ; এই গলিত সালফারের উপর প্রবিষ্ট অতিচাপের বায়ু চাপ দেয় বলিয়া উহা মধ্যস্থ (2নং) নল দিয়া তরল সালফাররূপে সবেগে উপরে উঠিয়া আসে। এই সালফার দণ্ডাকৃতি ছাঁচে শীতল করিলে, দণ্ডাকৃতি সালফার (roll sulphur) পাওয়া যায়। ইহা 99·5-99·8% বিশুদ্ধ।



চিত্র নং 13·6

(ii) যে সব দেশে সালফারের প্রাকৃতিক অস্তিত্ব নাই, সেই সব দেশে সালফারের বিপুল চাহিদা মিটাইবার জন্য কিছু কিছু সালফার ঘটিত যৌগ হইতে সালফার উদ্ধার করিয়া কাজে লাগান হয়।

● 'কোল গ্যাসে' সামান্য S-যৌগ থাকে। অন্তর্ধূম পাতন কালে ইহা H_2S রূপে উদ্ভূত হয়। উৎপন্ন H_2S, সোদক ফেরিক অক্সাইডে শোষণ করা হয় ও উৎপন্ন ফেরিক সালফাইড, বায়ুর সহিত বিক্রিয়ায় সালফার মুক্ত করে।

$$2Fe(OH)_3+3H_2S=Fe_2S_3+6H_2O$$
$$2Fe_2S_3+3O_2+6H_2O=4Fe(OH)_3+6S.$$

● ধাতব সালফাইড খনিজগুলিকে ধাতু নিষ্কাশনের উদ্দেশ্যে যখন তাপ জারণ (roasting) করা হয়, তখন প্রচুর SO_2 উৎপন্ন হয়। এই SO_2-কে শ্বেততপ্ত (white hot) কার্বনের উপর 1000°C উষ্ণতায় বিক্রিয়া করাইলে, সালফার উৎপন্ন হয়।

$$SO_2+C=CO_2+S$$

□ সালফারের ধর্ম :

সালফারের পরমাণু-ক্রমাংক 16 ও পারমাণবিক ওজন 32। ইহার পরমাণুতে 16টি প্রোটন, 16টি নিউট্রন ও 16টি ইলেকট্রন থাকে। ইলেকট্রনগুলির সজ্জা, কক্ষানুযায়ী যথাক্রমে 2. 8. 6 ($1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^4$)। পর্যায় সারণীতে ইহার স্থান ষষ্ঠ গ্রুপের দ্বিতীয় মৌল হিসাবে। একই গ্রুপে অবস্থিত, প্রথম মৌল অক্সিজেনের সহিত ইহার বহু সাদৃশ্য দেখা যায়।

সালফারের যোজ্যতা 2, 4 ও 6। সালফাইড আয়নে ও সালফাইড যৌগগুলিতে ইহা তড়িৎ যোজ্যতা (2) প্রদর্শন করে ; অন্য যৌগগুলিতে সালফার সমযোজ্যতা (2, 4 ও 6) প্রদর্শন করে ; সংযোজনকালে ইহার ইলেকট্রন সজ্জায় দু'টি 'লোন পেয়ার ইলেকট্রন' (lone pair electron) দেখা যায় বলিয়া, ইহার কোঅর্ডিনেট যোজ্যতাও দেখা যায়।

ভৌত ধর্ম—সাধারণ স্থায়ী সালফার, হলুদবর্ণের কঠিন অনচ্ছ পদার্থ। ইহা তাপ ও তড়িৎ অপরিবাহী। ইহা স্বাদহীন, গন্ধহীন এবং জলে অদ্রাব্য। নানা জৈব দ্রাবক, বিশেষ রূপে কার্বন ডাইসালফাইড (CS_2) দ্রাবকে ইহা দ্রাব্য। অণুবীক্ষণে সাধারণ সালফারের কেলাস রম্বসাকৃতি (rhombic)। বহুরূপতা ইহার উল্লেখযোগ্য ধর্ম।

সাধারণ সালফারের গলনাংক 112·8° এবং স্ফুটনাংক 444·6° ; গ্যাসীয় সালফারের বর্ণ গাঢ় লাল। ইহার ঘনাংক 2·06। বাষ্প ঘনত্ব পরিমাপ হইতে দেখা যায় ইহার অণু S_8। এই অণু উষ্ণতায় বিযোজিত হইয়া সরলতর হয়—

$$S_8 \xrightarrow{200^\circ C} S_2 \xrightarrow{2000^\circ} S$$

রাসায়নিক ধর্ম—● সালফার দাহ্য, কিন্তু দহন সহায়ক নয়। দহনের ফলে ইহা মূলত সালফার ডায়ক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$S+O_2=SO_2$$

উৎপন্ন SO_2 অনুঘটকের সান্নিধ্যে, আর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সালফার ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2SO_2+O_2 \overset{\text{অনুঘটক}}{=} 2SO_3.$$

● উচ্চ তাপে সালফার—বহু অধাতু, হাইড্রোজেন এবং ধাতুর সহিত সংযুক্ত হইয়া সালফাইড যৌগ করে।

$$H_2+S=H_2S\ ; \qquad 2S+Cl_2=S_2Cl_2$$
$$Cu+S=CuS\ ; \qquad C+2S=CS_2$$
$$S+3F_2=SF_6\ ; \qquad 2P+5S=P_2S_5$$

● উচ্চ তাপে গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4,—সালফারকে জারিত করিয়া SO_2 উৎপন্ন করে।

$$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$
$$S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$$

● উচ্চতাপে গাঢ় ক্ষারের সহিত সালফার,—সালফাইড, থায়োসালফেট ও পলিসালফাইড উৎপন্ন করে।

$$4S+6KOH = \underset{\text{K-সালফাইড}}{2K_2S} + \underset{\text{K-থায়োসালফেট}}{K_2S_2O_3} + 3H_2O$$

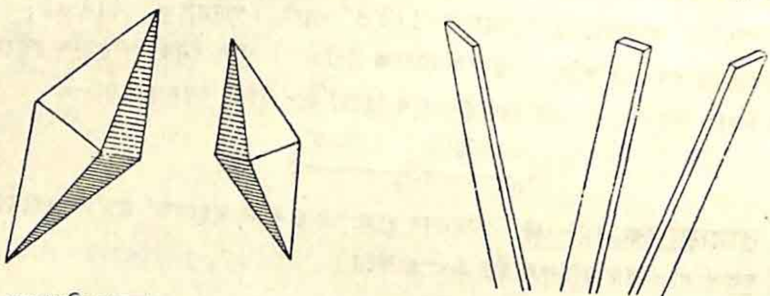
$K_2S + S \quad = \quad K_2S_2$
K-পলিসালফাইড

$3Ca(OH)_2 + 12S = 2CaS_5 + CaS_2O_3 + 3H_2O.$

□ সালফারের বহুরূপতা :

কার্বনের ন্যায়, সালফারেরও বহুরূপতা একটি বিশিষ্ট ধর্ম। সালফারের নানা রূপভেদের মধ্যে প্রধান কয়েকটি—● রম্বসাকৃতি সালফার ● মনোক্লিনিক সালফার ● প্লাস্টিক সালফার ● মিল্ক অফ্ সালফার ● কলয়ডীয় সালফার।

● **রম্বসাকৃতি সালফার** বা **সাধারণ সালফার** বা α **সালফার :** নিষ্কাশিত সালফারকে, বা অন্য কোন সালফারকে রাখিয়া দিলে যে স্থায়ী রূপভেদটি পাওয়া যায়,



রম্বসাকৃতি সালফার মনোক্লিনিক সালফার

চিত্র নং 13·7

উহা রম্বসাকৃতি সালফার। ইহার কেলাস অষ্টতল-বিশিষ্ট রম্বস আকৃতির। ইহা ফিকা হলুদ বর্ণের, জলে অদ্রাব্য, অনচ্ছ, কঠিন পদার্থ; ইহা কার্বন ডাই সালফাইড (CS_2) দ্রাবকে দ্রাব্য। ইহার স্ফুটনাংক 112·8°C, গলনাংক 444·6°C, ঘনাংক 2·06। সালফারের নানা রূপভেদের মধ্যে ইহাই সুস্থিততম রূপ।

● **মনোক্লিনিক** বা **প্রিজম্যাটিক সালফার** বা β **সালফার :** গলিত সালফার 96·5°C-এর উর্ধ্বে কেলাসিত হইলে, এই রূপটি পাওয়া যায়। একটি বেসিনে কিছু সাধারণ সালফারকে গলিত করিয়া শীতল করিতে দিলে প্রথমে উপরিভাগ শীতল হইয়া একটি কঠিন স্তর করে; এই অবস্থায় স্তরটিকে দুইটি বিন্দুতে ছিদ্র করিয়া বেসিনটিকে উপুড় করিলে কিছু গলিত সালফার বহির্গত হইয়া যায়; বেসিন গাত্রে অবশিষ্ট কঠিনীভূত সালফারকে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় উহা দীর্ঘ সূচাকৃতি (needle shaped) কেলাসের রূপ ধারণ করিয়াছে। সালফারের এই রূপটিকেই, মনোক্লিনিক সালফার বলা হয়।

এই সালফারের গলনাংক 118·75°C, ঘনাংক 1·96; ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু CS_2-তে দ্রাব্য। সাধারণ অবস্থায় ইহা রাখিয়া দিলে ইহা ধীরে ধীরে রূপান্তরিত হইয়া রম্বসাকৃতি সালফারে পরিণত হয়।

● **প্লাস্টিক সালফার** বা **নমনীয় সালফার** বা γ **সালফার ঃ** একটি দৃঢ় কাচ নলে কিছু সাধারণ সালফার লইয়া গলিত করার পর আরও উত্তপ্ত করিয়া (প্রায় স্ফুটনাংকে) গাঢ় ঘন গলিত সালফারকে সরু ধারায় একটি জলপূর্ণ বীকারে ঢালিলে, উহা জলতলে সুতার ন্যায় জমিয়া কঠিন হইয়া যায়। সালফারের এই রূপটি প্লাস্টিক সালফার। এই সালফারকে টানিলে রবারের মতো বাড়ে বলিয়াই ইহাকে প্লাস্টিক সালফার বলা হয়। (চিত্র নং 13·8)



চিত্র নং 13·8

ইহার বর্ণ ফিকা হলুদ, ঘনাংক 1·92। ইহা জল এবং CS_2—উভয় দ্রাবকেই অদ্রাব্য। রাখিয়া দিলে, ইহা ধীরে ধীরে রূপান্তরিত হইয়া রম্বসাকৃতি সালফারে পরিণত হয়।

● **মিল্ক অফ্ সালফার** বা δ **সালফার ঃ** পলিসালফাইড জাতীয় সালফার যৌগকে HCl যোগে বিক্রিয়া করিলে বিমুক্ত সালফারের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহাকে মিল্ক অফ্ সালফার বলা হয়।

$$CaS_5 + 2HCl = CaCl_2 + H_2S + 4S\downarrow$$

ইহার বর্ণ দুধের মতো সাদা, ঘনাংক 1·82। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু CS_2-তে দ্রাব্য। তাপযোগে ইহা রূপান্তরিত হইয়া রম্বসাকৃতি সালফারে পরিণত হয়।

● **কলয়ডীয় সালফার ঃ** SO_2-এর জলীয় দ্রবণে H_2S গ্যাস চালিত করিলে, অথবা সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণকে অম্লীকৃত করিলে যে সালফার উৎপন্ন হয়, উহাকে কলয়ডীয় সালফার বলা হয়।

$$SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S$$
$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + H_2O + S$$

উৎপন্ন সালফারযুক্ত দ্রবণকে ছাঁকিলে, উৎপন্ন সালফার-কলয়েড কণার আয়তনযুক্ত বলিয়া ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়া বহির্গত হইয়া যায়।

ইহার বর্ণ দুধের মত সাদা, ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু CS_2-তে দ্রাব্য।

☐ **সালফারের ব্যবহার ঃ** সালফারের ব্যবহার বলিতে সাধারণভাবে সুস্থিতরূপ রম্বসাকৃতি সালফারের ব্যবহারই বুঝায়।

● H_2SO_4 প্রস্তুতিতে কাঁচামালরূপে ; ● গুরুত্বপূর্ণ সালফার-যৌগ যেমন CS_2, থায়োসালফেট প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ; ● বারুদ ও দিয়াশলাই প্রস্তুতিতে ; ● প্রাকৃতিক রবারকে ব্যবহারযোগ্য করার কাজে (vulcanisation of rubber) ; এবং ● ঔষধ ও মলম প্রস্তুতিতে—সালফার ব্যবহৃত হয়।

হ্যালোজেন মৌলসমূহ (Halogens)

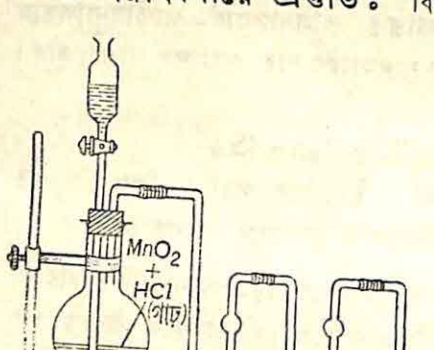
ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন—এই চারিটি অধাতু মৌলই পর্যায় সারণীতে সপ্তম গ্রুপ-B শাখার অন্তর্গত। এই চারিটি মৌলের নানা লবণ সমুদ্রজলে বর্তমান থাকে বলিয়া—ইহাদের 'সমুদ্র লবণ উৎপাদক' বা 'হ্যালোজেন' বলা হয় (*hals* = seasalt ; *genus* = to produce)।

সংকেত – Cl
অণু – Cl_2
পরমাণু ক্রমাংক – 17
পাঃ ওঃ – 35·46
সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন সজ্জা – $3s^2 3p^5$
যোজ্যতা – 1, 3, 5, 7.

ক্লোরিন (Chlorine)

ক্লোরিন (Cl) জৈব ও উদ্ভিদদেহের প্রয়োজনীয় উপাদান। মানবদেহে ক্লোমরসে (gastric juice) HCl ও NaCl, খাদ্য পরিপাক করে। নানা ধাতব ক্লোরাইড খনিজরূপে পাওয়া যায়।

☐ **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি :** বিন্দুপাতী ফানেলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্ক লওয়া হয় ; ফ্লাস্কটির নির্গম-নল একটি জলপূর্ণ বোতলের মধ্যে নিমজ্জিত থাকে এবং এই বোতলটি নির্গম-নল যোগে আবার একটি গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ দ্বিতীয় বোতলের সহিত যুক্ত থাকে ; দ্বিতীয় বোতলটি হইতে একটি নির্গম নল একটি শূন্য গ্যাসজারের মধ্যে স্থাপিত থাকে। গোলতল ফ্লাস্কটিতে কিছু ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড চূর্ণ (MnO_2) লওয়া হয় ও ফানেল হইতে কিছু গাঢ় HCl উহাতে যোগ করা হয়। এখন গোলতল ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসাইয়া নিম্ন হইতে বার্ণার যোগে উত্তপ্ত করিলে, ক্লোরিন



চিত্র নং 13·9

উদ্ভূত হয়। বিক্রিয়া : $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

উৎপন্ন Cl_2, কিছু HCl গ্যাসের সহিত মিশ্রিত হইয়া নির্গম-নল পথে বাহিরে আসে ও প্রথম বোতলে এবং পরে দ্বিতীয় বোতলে প্রবেশ করে। প্রথম বোতলে HCl জলে দ্রাব্য বলিয়া শোষিত হয় এবং দ্বিতীয় বোতলে উৎপন্ন Cl_2 শুষ্ক হয় ; পরে শুষ্ক Cl_2 নির্গত হইয়া, শূন্য গ্যাসজারে বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া, বায়ুর উর্দ্ধাপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হয় (চিত্র নং 13·9)।

☐ **সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন প্রস্তুতি ঃ** পরীক্ষাগারে সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন প্রস্তুত করিতে হইলে, একটি কোণাকৃতি ফ্লাস্কে (conical flask) কিছু কঠিন পটাশিয়াম পার্মাংগানেট লইয়া উহার উপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় HCl যোগ করিলে, সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন উদ্ভূত হইয়া নির্গম-নল পথে বাহির হইয়া আসে।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2.$$

☐ **ক্লোরিনের শিল্প প্রস্তুতি ঃ** গাঢ় NaCl দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া NaOH বা গলিত NaCl হইতে Na-ধাতু প্রস্তুতকালে, ক্লোরিন উপজাত পদার্থরূপে পাওয়া যায় ; আধুনিক কালে ইহাই ক্লোরিনের শিল্প-উৎস।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোডে, $2Na^+ + 2e = 2Na$; $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2 \uparrow$

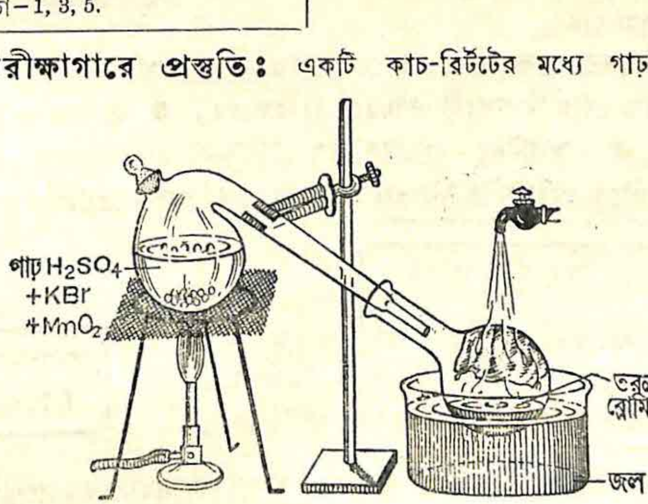
অ্যানোডে, $2Cl^- - 2e = 2Cl$; $2Cl = Cl_2 \uparrow$

☐ **ক্লোরিনের ব্যবহার ঃ** ● ব্লিচিং পাউডার [Ca(OCl)Cl], ধাতব ক্লোরাইড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ব্রোমিন প্রভৃতি প্রস্তুতিতে, ● পানীয় জল নির্বীজনের জন্য, ● সূতা ও কাগজ উৎপাদনের বিরঞ্জক রূপে, ● জৈব দ্রাবক যেমন CCl_4 প্রস্তুতিতে ও ● ধাতব স্বর্ণ নিষ্কাশনে—ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়।

সংকেত – Br
অণু – Br_2
পরমাণু ক্রমাংক – 35
পাঃ ওঃ – 79·90
সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন সজ্জা – $4s^2 4p^5$
যোজ্যতা – 1, 3, 5.

ব্রোমিন (Bromine)

☐ **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি ঃ** একটি কাচ-রির্টটের মধ্যে গাঢ় H_2SO_4,



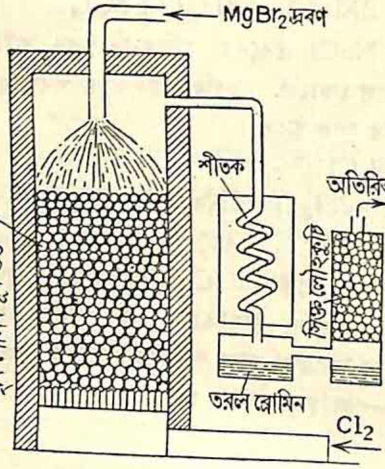
চিত্র নং 13·10

MnO_2 ও পটাশিয়াম (বা সোডিয়াম) ব্রোমাইড মিশ্র লইয়া তীব্র উত্তপ্ত করিলে

ব্রোমিন, গ্যাসরূপে উদ্ভূত হয়। এই গ্যাস জলযোগে শীতল করা একটি গ্রাহক ফ্লাস্কে সংগ্রহ করিলে, গাঢ় লাল তরলরূপে ব্রোমিন পাওয়া যায় (চিত্র নং 13·10)।

$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + 2H_2O + Br_2$$

□ **ব্রোমিনের শিল্প প্রস্তুতি :** কার্ণালাইট খনিজের (Carnalite KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) মধ্যে স্বল্প পরিমাণ ব্রোমিন—ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড যৌগরূপে থাকে। কার্ণালাইটের ঘন দ্রবণ কেলাসিত করিলে প্রথমত KCl কঠিনরূপে পৃথক হয়; অবশিষ্ট শেষদ্রবে (mother liquor) দ্রাব্য $MgBr_2$ থাকে।



চিত্র নং 13·11

এই শেষদ্রবটিকে উত্তপ্ত করিয়া 13·11 নং চিত্রানুযায়ী, একটি মৃৎ গোলক পূর্ণ স্তম্ভের উপর হইতে পাতিত করা হয়; একই কালে স্তম্ভের নিম্ন হইতে নল যোগে Cl_2 গ্যাস চালনা করা হয়। ঊর্ধ্বোত্থিত Cl_2, নিম্নগামী $MgBr_2$ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া গ্যাসীয় ব্রোমিন মুক্ত করে।

$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$$

গ্যাসীয় ব্রোমিন, নির্গম-নল পথে বাহির করিয়া শীতকে শীতল করিলে তরল ব্রোমিন পাওয়া যায়।

□ **ব্রোমিনের ব্যবহার :** ● ব্রোমাইড লবণ প্রস্তুতিতে; জৈব ও অজৈব কিছু ব্রোমাইড যৌগ নিদ্রাকারী ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়; ● বহু জৈব পদার্থ ও রঞ্জক প্রস্তুতিতে; ● 'অ্যান্টিনক্ পেট্রোল'রূপে ইথিলিন ডাইব্রোমাইড প্রস্তুতিতে; ● ফটোগ্রাফীতে প্রয়োজনীয় সিলভার ব্রোমাইড প্রস্তুতিতে—ব্রোমিন ব্যবহৃত হয়।

সংকেত – I যোজ্যতা – 1, 3, 5, 7
অণু – I_2
পরমাণু ক্রমাংক – 53
পাঃ ওঃ – 126·90
সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন সজ্জা – $5s^2 5p^5$

আয়োডিন
(Iodine)

আয়োডিন প্রাণীদের প্রয়োজনীয় উপাদান। মানবদেহে থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ডে আয়োডিন থাকে। কিছু সামুদ্রিক মাছের যকৃতে ও সামুদ্রিক উদ্ভিদে ইহা আয়োডেট লবণরূপে পাওয়া যায়।

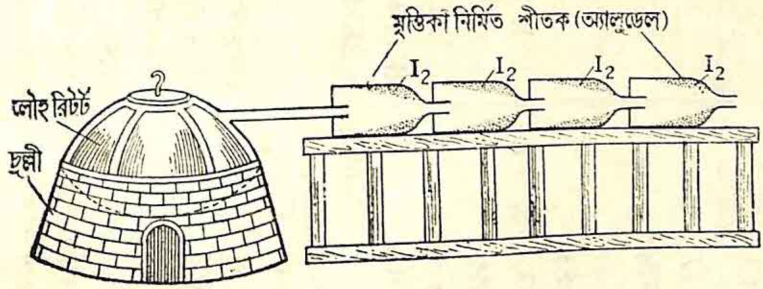
□ **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি :** একটি কাচ-রিটর্টের মধ্যে গাঢ় H_2SO_4, MnO_2 ও পটাশিয়াম (বা সোডিয়াম) আয়োডাইড মিশ্র লইয়া তীব্র উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন গ্যাসরূপে উদ্ভূত হয়। এই গ্যাস জলযোগে শীতল করা একটি গ্রাহক ফ্লাস্কে সংগ্রহ করিলে, কালো চকচকে কেলাসরূপে কঠিন আয়োডিন পাওয়া যায়।

$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + 2H_2O + I_2$$

উত্তাপে কঠিন হইতে সোজাসুজি গ্যাসীয় অবস্থা এবং গ্যাসীয় অবস্থা হইতে শীতল করিলে সোজাসুজি কঠিন অবস্থা,—এই **ঊর্ধ্বপাতন** (sublimation) ধর্মটি আয়োডিনের আছে বলিয়া উহাকে ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা,—সংশ্লিষ্ট অন্য দ্রব্য হইতে সহজেই পৃথক ও বিশোধন করা যায়।

আয়োডিনের শিল্প প্রস্তুতি : ল্যামিনেরিয়া (lamineria) জাতীয় আয়োডিনযুক্ত সামুদ্রিক উদ্ভিদকে শুষ্ক ও পরে দহন করিলে যে ভস্ম পাওয়া যায় উহাকে **'কেল্প'** (kelp) বলা হয়।

কেল্পকে একটি লৌহ রিটর্টে গাঢ় H_2SO_4 যোগে তীব্র উত্তপ্ত করা হয় ও উৎপন্ন আয়োডিন বাষ্পকে—শ্রেণীবদ্ধ মৃত্তিকানির্মিত শীতকে (অ্যালুডেল—aludel) শীতল



চিত্র নং 13·12

করিয়া, শীতক গাত্র হইতে কঠিনীভূত আয়োডিন পাওয়া যায়। উৎপন্ন আয়োডিনকে পরে ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা বিশোধন করা হয়। (চিত্র 13·12)

□ **আয়োডিনের ব্যবহার :** ● জীবাণুনাশক দ্রবণ 'টিংচার আয়োডিন'-রূপে (টিংচার আয়োডিন দ্রবণ = আয়োডিন, পটাশিয়াম আয়োডাইড, জল ও অ্যালকোহলের মিশ্রণ); ● থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ডের নানা ব্যাধির চিকিৎসায়; ● আয়োডোফর্ম (CHI_3) প্রস্তুতিতে; ● ফটোগ্রাফীর নানা কাজে; ● রঞ্জক প্রস্তুতিতে; ● রসায়নাগারে বিক্রিয়করূপে এবং আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে (volumetric analysis) দ্রবণরূপে—আয়োডিন ব্যবহৃত হয়।

*ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন একত্রে হ্যালোজেন পরিবারভুক্ত মৌল (Halogen family of element) রূপে, উহাদের মধ্যে পরের পৃষ্ঠার তালিকা অনুসারে ক্রমিক সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্যগুলি লক্ষ্য করা যায়।

---

* ফ্লোরিন হ্যালোজেনগুলির মধ্যে নানা ধর্মে বিশিষ্ট বলিয়া ইহাকে পৃথক আলোচনা করা হয়।

ক্লোরিন—ব্রোমিন—আয়োডিনের তুলনা

রাসায়নিক সাদৃশ্য	Cl	Br	I
1. পরমাণু ক্রমাংক	17	35	53
2. বহিঃকক্ষস্থ ইলেকট্রনসজ্জা	$3s^2 3p^5$	$4s^2 4p^5$	$5s^2 5p^5$
3. পারমাণবিক ওজন	35·46	79·90	126·90
4. তড়িৎ ঋণাত্মকতা	2·83	2·47	2·21
5. সাধারণ যোজ্যতা	−1, +1, +3, +5, +7,	−1, +1, +3, +5,	−1, +1, +3, +5, +7,
6. অবস্থা	গ্যাস	তরল	কঠিন
7. বর্ণ	সবুজাভ হলুদ	লাল	গাঢ় বেগুনী
8. প্রস্তুতি	$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$	$2KBr + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$	$3KI + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$
9. হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া ও হাইড্রাইডের ধর্ম	হাইড্রাইড উৎপন্ন হয় $H_2 + Cl_2 = 2HCl$ বিক্রিয়াটি সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ঘটে। HCl উত্তাপে বিয়োজিত হয় না। HCl-এর জলীয় দ্রবণ তীব্র এক-ক্ষারীয় অম্ল। HCl বিজারক নয়।	হাইড্রাইড উৎপন্ন হয় $H_2 + Br_2 = 2HBr$ বিক্রিয়াটি সম্ভব করিতে উত্তাপ লাগে। HBr উত্তাপে বিযোজিত হয়। HBr-এর জলীয় দ্রবণ তীব্র এক-ক্ষারীয় অম্ল। HBr বিজারক পদার্থ।	হাইড্রাইড উৎপন্ন হয় $H_2 + I_2 = 2HI$ বিক্রিয়াটি সম্ভব করিতে উত্তাপ লাগে। HI উত্তাপে বিযোজিত হয়। HI-এর জলীয় দ্রবণ এক-ক্ষারীয় অম্ল। HI বিজারক পদার্থ।

রাসায়নিক সাদৃশ্য	Cl	Br	I
10. অধাতুর সহিত বিক্রিয়া	O এবং C বাদে প্রায় সকল অধাতুর সহিত সোজাসুজি বিক্রিয়া করে।	O, C এবং Si বাদে প্রায় সকল অধাতুর সহিত সোজাসুজি বিক্রিয়া করে।	P, As এবং অন্য হ্যালোজেনের সহিত সোজাসুজি বিক্রিয়া করে।
11. ধাতুর সহিত বিক্রিয়া	অধিকাংশ ধাতুই জলিতে থাকে ও ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।	অধিকাংশ ধাতুই বিক্রিয়া করে ও ধাতব ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।	অধিকাংশ ধাতুই বিক্রিয়া করে ও ধাতব আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।
12. বিজারক পদার্থের সহিত বিক্রিয়া	বিজারক পদার্থকে জারিত করে।	বিজারক পদার্থকে জারিত করে।	বিজারক পদার্থকে জারিত করে।
13. জারক পদার্থের সহিত বিক্রিয়া	বিক্রিয়াহীন	ওজোনের সহিত বিক্রিয়া করে।	ওজোন, নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয়।
14. জলের সহিত বিক্রিয়া	অম্লের মিশ্র উৎপন্ন হয়। $H_2O+Cl_2=HCl+HOCl$	অম্লের মিশ্র উৎপন্ন হয়। $H_2O+Br_2=HBr+HOBr$	অম্লের মিশ্র উৎপন্ন হয়। $H_2O+I_2=HI+HOI$
15. উৎপন্ন প্রধান অক্সাইড	Cl_2O, ClO, ClO_2, Cl_2O_6, Cl_2O_7	Br_2O, BrO_2, BrO_3	I_2O_5
16. উৎপন্ন অক্সিঅ্যাসিড	$HOCl$, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$	$HOBr$, $HBrO_3$	HOI, HIO_3, H_5IO_6

রাসায়নিক সাদৃশ্য	Cl	Br	I
17. ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া	শীতল ও লঘু ক্ষারের সহিত ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট লবণ উৎপন্ন করে। $2NaOH + Cl = NaCl + NaOCl + H_2O$ উষ্ণ ও গাঢ় ক্ষারের সহিত ক্লোরাইড ও ক্লোরেট লবণ উৎপন্ন করে। $6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$	শীতল ও লঘু ক্ষারের সহিত ব্রোমাইড ও হাইপোআয়োডাইট লবণ উৎপন্ন করে। $2NaOH + Br_2 = NaBr + NaOBr + H_2O$ উষ্ণ ও গাঢ় ক্ষারের সহিত ব্রোমাইট ও ব্রোমেট লবণ উৎপন্ন করে। $6NaOH + 3Br_2 = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$	শীতল ও লঘু ক্ষারের সহিত আয়োডাইড ও হাইপোআয়োডাইট লবণ উৎপন্ন করে। $2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + H_2O$ উষ্ণ ও গাঢ় ক্ষারের সহিত আয়োডাইড ও আয়োডেট লবণ উৎপন্ন করে। $6NaOH + 3I_2 = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$
18. বিরঞ্জক ধর্ম	বিরঞ্জক	মৃদু বিরঞ্জক	প্রায় বিরঞ্জনধর্মহীন
19. ষ্টার্চ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	বিক্রিয়াহীন	দ্রবণের বর্ণ কমলা রঙ হয়।	দ্রবণের বর্ণ নীল হয়।
20. CCl_4 দ্রাবকের সহিত বিক্রিয়া	বিক্রিয়াহীন	দ্রবণের বর্ণ হলুদ বা কমলা রঙ হয়।	দ্রবণের বর্ণ গোলাপী হয়।
21. সক্রিয়তা	সক্রিয় মৌল ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণ হইতে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় Br_2 ও I_2 মুক্ত করে। $2MBr + Cl_2 = 2MCl + Br_2$ $2MI + Cl_2 = 2MCl + I_2$	সক্রিয় মৌল। আয়োডাইড লবণ হইতে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় I_2 মুক্ত করে। $2MI + Br_2 = 2MBr + I_2$	অতি কম মাত্রায় সক্রিয় মৌল। ক্লোরাইড ও ব্রোমাইড লবণের সহিত বিক্রিয়াহীন।
22. KI-এর সহিত বিক্রিয়া	$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$	$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$	—

প্রশ্নাবলী

1. (a) কার্বনের বিভিন্ন বহুরূপগুলি বিবৃত কর। গ্রাফাইট কৃত্রিমভাবে কিরূপে প্রস্তুত হয়? হীরক ও গ্রাফাইটের ধর্মগুলির তুলনামূলক আলোচনা কর।

(b) হীরক তাপ ও তড়িৎ অপরিবাহী এবং কঠিন, কিন্তু গ্রাফাইট তাপ ও তড়িৎ কুপরিবাহী এবং নমনীয় পদার্থ কেন? [Jt. Entr. 1979]

(c) কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদগুলি একই কার্বন ও মৌলের প্রকার ভেদ—ইহার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

2. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ: গ্রাফাইট, হীরক, আইভরি ব্ল্যাক, গ্যাস্ কার্বন, কোক, কয়লা উজ্জীপিত অঙ্গার।

3. (a) ফসফোরাসের প্রাকৃতিক অবস্থান কি? অস্থিভস্ম কি? অস্থিভস্ম হইতে ফসফোরাস কিরূপে প্রস্তুত হয়? ফসফোরাসের কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর।

(b) নাইট্রোজেন ও ফসফোরাসের একটি সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা কর।

4. (a) বহুরূপতা কি? ফসফোরাসের রূপভেদগুলির একটি তুলনামূলক আলোচনা কর। সাদা ফসফোরাসকে লাল ফসফোরাস এবং লাল ফসফোরাসকে সাদা ফসফোরাসে কিরূপে পরিণত করা যায়?

(b) ফসফোরাসের সহিত নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়া কি, সমীকরণ যোগে আলোচনা কর:

(i) Cl_2, (ii) NaOH-দ্রবণ, (iii) উত্তপ্ত গাঢ় HNO_3, (iv) $CuSO_4$-দ্রবণ।

5. (a) সালফার প্রকৃতিতে কিরূপে পাওয়া যায়? 'ফ্রাশ পদ্ধতি'তে ভূগর্ভস্থ সালফার কিরূপে নিষ্কাশিত হয়, বর্ণনা কর। সালফারের যোজ্যতা কি কি?

(b) নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত সালফারের বিক্রিয়া কি, সমীকরণ যোগে আলোচনা কর:

(i) C, (ii) Cl_2, (iii) উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4, (iv) উত্তপ্ত গাঢ় HNO_3, (v) উত্তপ্ত গাঢ় KOH।

6. সালফারের বিভিন্ন রূপভেদগুলির একটি আলোচনা কর। রূপভেদগুলি একই মৌল হইতে জাত—কিরূপে প্রমাণ করা যাইবে? সালফারের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর। 'ভালকানাইজেশন অফ্ রবার' বলিতে কি বুঝায়?

7. 'হ্যালোজেন মৌল সমূহ' বলিতে কি বুঝ? ইহাদের 'হ্যালোজেন' বলা হয় কেন? তিনটি হ্যালোজেন মৌলের তুলনামূলক আলোচনা কর।

8. পরীক্ষাগারে ক্লোরিন কিরূপে প্রস্তুত হয়? ক্লোরিনের সহিত নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়া সমীকরণযোগে আলোচনা কর:—

(i) লঘু কষ্টিক পটাশ দ্রবণ
(ii) উষ্ণ ও গাঢ় কষ্টিক পটাশ দ্রবণ
(iii) পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ।
(iv) $Ca(OH)_2$ দ্রবণ
(v) H_2S দ্রবণ

9. পরীক্ষাগারে ব্রোমিন কিরূপে প্রস্তুত হয়? ব্রোমিনের সহিত ক্ষারের বিভিন্ন অবস্থায় বিক্রিয়া কি? ব্রোমিনের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

10. আয়োডিনের শিল্প প্রস্তুতি বর্ণনা কর। আয়োডিনের সহিত নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়া বর্ণনা কর— (i) জল, (ii) ক্ষার দ্রবণ, (iii) পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ, (iv) হাইড্রোজেন, (v) নাইট্রিক অ্যাসিড।

11. (i) ক্লোরাইড হইতে Cl_2 প্রস্তুতিতে গাঢ় H_2SO_4 এর সহিত MnO_2 ব্যবহার করিতে হয়, কিন্তু ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে Br_2 ও I_2 প্রস্তুত করিতে শুধু গাঢ় H_2SO_4 যোগ করিলেই চলে। কেন?

(ii) ক্লোরাইডের তড়িৎবিশ্লেষণে গ্রাফাইট বা কার্বন অ্যানোড ব্যবহার করা হয় কেন?

(iii) Cl, Br ও I এর মধ্যে সক্রিয়তা ও জারণ ধর্মের ক্রমানুসার কি? পরীক্ষাযোগে কিরূপে ঐ ক্রমানুসার সমর্থিত হয়?

(iv) ফসফোরাসকে একটি বিজারক মৌল বলা যায়। দুইটি বিক্রিয়াযোগে উক্তিটির যাথার্থ্য প্রমাণ কর।

12. টীকা লিখ: লিগ্‌নাইট, প্লাস্টিক সালফার, কেল্ল- টিংচার আয়োডিন।

চতুর্দশ অধ্যায়	অক্সাইড যৌগ সমূহ কার্বন মনোক্সাইড – কার্বন ডায়ক্সাইড – সিলিকা – নাইট্রাস অক্সাইড – নাইট্রিক অক্সাইড – নাইট্রোজেন ডায়ক্সাইড – নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড – নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড – ফসফোরাস ট্রায়ক্সাইড – ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড – সালফার ডায়ক্সাইড – সালফার ট্রায়ক্সাইড।

কার্বন মনোক্সাইড
(Carbon Monoxide)

কার্বন, অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় দুইটি যৌগ গঠন করে :—

● অপর্যাপ্ত মাত্রার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন, 'অপূর্ণ যৌগ' কার্বন-মনোক্সাইড (CO), উৎপন্ন করে।

$2C+O_2=2CO$ [রেখাসংকেত : $<C=O$]

● পর্যাপ্ত ও অতিরিক্ত মাত্রার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায়, কার্বন 'পূর্ণ যৌগ' কার্বন-ডায়ক্সাইড উৎপন্ন করে।

$C+O_2=CO_2$ [রেখাসংকেত : $O=C=O$]

কার্বন বা কার্বনঘটিত জৈব যৌগের অপূর্ণ পরিমাণ বায়ুতে দহন কালে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। ওয়াটার গ্যাস (water gas), প্রডিউসার গ্যাস (producer gas) ও কোল গ্যাসে (coal gas)—কার্বন মনোক্সাইড বর্তমান থাকে। ব্লাস্ট ফার্নেসের নির্গত গ্যাস এবং অন্যান্য কলকারখানার চিমনীর ধোঁয়া, উনানের ধোঁয়া, ডিজেল বা পেট্রল চালিত ইঞ্জিন হইতে নির্গত গ্যাস প্রভৃতিতেও ইহা বর্তমান থাকে।

□ কার্বন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি :

● কিছু যৌগের সহিত কার্বন উচ্চ তাপে বিক্রিয়া করিয়া CO উৎপন্ন করে।

$C+ZnO = Zn+CO$; $C+CaCO_3 = CaO+2CO$

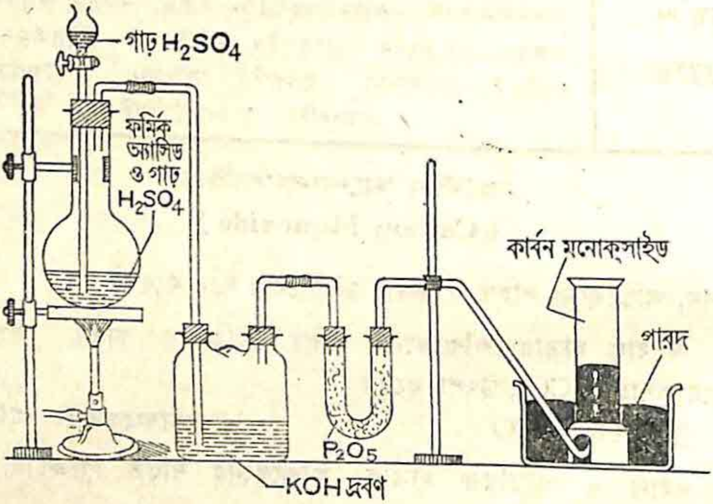
$C+CO_2 = 2CO$; $C+H_2O = CO+H_2$

● কার্বন ডায়ক্সাইডকে উচ্চতাপে—C, Zn, Fe প্রভৃতির উপর চালিত করিলে, CO উৎপন্ন হয়।

$$CO_2+C = 2CO$$
$$CO_2+Zn = CO+ZnO$$
$$CO_2+Fe = CO+FeO$$

● পরীক্ষাগারে শুষ্ক CO প্রস্তুতির জন্য, একটি দীর্ঘনল ফানেলযুক্ত ফ্লাস্কে কিছু ফর্মিক অ্যাসিড (formic acid—HCOOH) বা উহার লবণ লইয়া গাঢ়

সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে, কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় ; এই গ্যাসের সহিত কিছু SO_2 ও CO_2 মিশ্রিত থাকিতে পারে বলিয়া, ইহাকে কষ্টিক



চিত্র নং 14·1

পটাশ দ্রবণ পূর্ণ একটি উলফ্ বোতলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া ঐগুলি মুক্ত করা হয় ; পরে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসকে কঠিন ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড যুক্ত U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া শুষ্ক করা হয় ও পারদের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। এই কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস প্রায় বিশুদ্ধ (চিত্র নং 14·1)।

$$HCOOH+[H_2SO_4]=CO+[H_2O+H_2SO_4]$$

শুষ্ক CO প্রয়োজন না হইলে সাধারণভাবে, ইহাকে জলের উপর সংগ্রহ করা যায়।

☐ কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম—ইহা বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। ইহার স্ফুটনাংক $-192°C$ এবং গলনাংক $-207°C$। ইহা জলে অতি অল্প দ্রাব্য। ইহা অতি বিষাক্ত গ্যাস। শ্বাসবায়ুর সহিত ইহা গৃহীত হইলে ইহা রক্তের হিমোগ্লোবিনের সহিত যুক্ত হইয়া উহার অক্সিজেন গ্রহণ ক্ষমতা বিনষ্ট করিয়া দেয়।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।

$$CuCl\ (\text{দ্রবণ})+CO=CuCl.CO.2H_2O$$

● ইহা দহন সহায়ক নয়, কিন্তু দাহ্য ; দহনকালে ইহা নীল শিখা উৎপন্ন করিয়া জ্বলে ও কার্বন ডায়ক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2CO+O_2 = 2CO_2$$

● ইহা শক্তিশালী বিজারক পদার্থ এবং উচ্চতাপে ধাতব ও অধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করে।

$$PbO + CO = Pb + CO_2$$

$$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$

$$CO + H_2O \underset{Fe_2O_3 + Cr_2O_3}{\overset{\text{অনুঘটক}}{\rightleftharpoons}} H_2 + CO_2$$

● অপূর্ণ যৌগ বলিয়া নানা বিক্রিয়কের সহিত ইহার সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে।

$$CO + Cl_2 = COCl_2 \quad \text{(কার্বনিল ক্লোরাইড)}$$

$$CO + S = COS \quad \text{(কার্বনিল সালফাইড)}$$

● প্রশম অক্সাইড বলিয়া ইহার জলের বা চুনের জলের সহিত বিক্রিয়া নাই। কিন্তু উচ্চতাপ (200°C) এবং চাপে ইহা কষ্টিক সোডা দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম ফর্মেট উৎপন্ন করে।

$$CO + NaOH \underset{\text{উচ্চচাপ}}{\overset{\text{উচ্চতাপ}}{=}} \underset{\text{সোডিয়াম ফর্মেট}}{HCOONa}$$

● কিছু ধাতুর সহিত ইহা বিশেষ একশ্রেণীর জটিল যৌগ [ইহাদের কার্বোনিল (carbonyl) বলা হয়] উৎপন্ন করে।

$Ni + 4CO \rightleftharpoons Ni(CO)_4$ (নিকেল টেট্রাকার্বোনিল)

$Fe + 5CO \rightleftharpoons Fe(CO)_5$ (আয়রন পেন্টাকার্বোনিল)

□ **নিরীক্ষা :**

● ইহা অ্যামোনিয়া বা HCl যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়। ● দহন কালে ইহা নীলশিখায় জলে ও CO_2 উৎপন্ন করে ; উৎপন্ন CO_2 চুনের জল ঘোলা করে। ● পিরিডিন (pyridene) দ্রবণে দ্রবীভূত Ag_2O-কে ইহা বিজারিত করিয়া ধাতব সিলভারে পরিণত করে।

$$CO + Ag_2O = 2Ag + CO_2$$

□ **ব্যবহার :**

● প্রোডিউসার গ্যাস ও ওয়াটার গ্যাসরূপে ইহাকে জ্বালানীতে ব্যবহার করা হয় ; ● ইহার সহিত H_2 মিশ্রিত করিয়া অনুঘটকের সাহায্যে কৃত্রিম পেট্রল প্রস্তুত করা হয় ; ● ইহা বিজারক পদার্থরূপে ব্যবহার করা হয়। ● নিকেল ধাতুর নিষ্কাশনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

কার্বন ডায়ক্সাইড

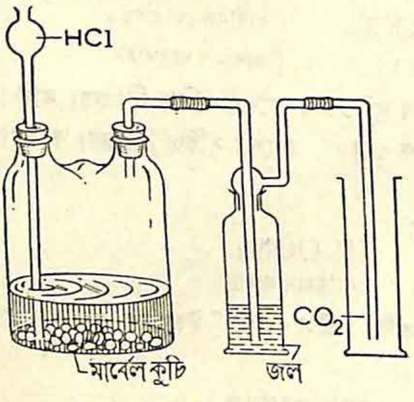
(Carbon Dioxide)

কার্বন ডায়ক্সাইড (CO_2) প্রাকৃতিক কার্বনচক্রের অন্যতম উপাদান। ইহা বায়ুমণ্ডলে সামান্য পরিমাণে (0·3%) বর্তমান থাকে। কিছু প্রস্রবণের জলে ইহার

অস্তিত্ব পাওয়া যায়। সন্ধানক্রিয়া (fermentation), দহনক্রিয়া ও জৈব-পদার্থের পচন হইতেও ইহা প্রকৃতিতে উৎপন্ন হয়। সংযুক্ত অবস্থায়, ইহা নানা খনিজে,—কার্বনেট-লবণরূপে বর্তমান থাকে যেমন মার্বেল পাথর বা ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$), ক্যালামাইন ($ZnCO_3$) ইত্যাদি।

☐ কার্বন ডায়ক্সাইডের প্রস্তুতি ঃ

● কার্বনেট-লবণগুলির উপর খনিজ অম্লের ক্রিয়ায় কার্বন ডায়ক্সাইড উৎপন্ন হয়। সাধারণত এই পদ্ধতিটিই পরীক্ষাগারে কার্বন ডায়ক্সাইড প্রস্তুত-কালে অনুসৃত হয়।



চিত্র নং 14.2

একটি উল্ফ বোতলে কিছু মার্বেল পাথরের কুচি লইয়া উহার একমুখে একটি বিন্দুপাতী ফানেলসহ কর্কযুক্ত করা হইল ; ফানেলের সাহায্যে বিন্দু বিন্দু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মার্বেল পাথরের কুচির উপর ফেলিলে কার্বন ডায়ক্সাইড উৎপন্ন হইবে ও অপর মুখে কর্কযোগে যুক্ত নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসিবে। ইহা জলে দ্রাব্য বলিয়া ইহাকে জলের উপর সংগ্রহ করা যায় না। বাতাস অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহাকে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র নং 14·2)।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

এই প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে প্রথমাংশে বিক্রিয়া ঘটিয়া CO_2 উৎপন্ন হইবে ঃ

$$CaCO_3 + 2H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2 \ ;$$

কিন্তু কিছুক্ষণ পরেই উৎপন্ন $CaSO_4$ অদ্রাব্য কঠিনরূপে মার্বেল পাথরের কুচি-গুলির উপরে স্তররূপে জমিয়া—H_2SO_4-এর সহিত $CaCO_3$-এর সংযোগ বিচ্ছিন্ন করিয়া দিবে ও বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যাইবে।

● ধাতব কার্বনেটগুলি* উচ্চতাপে বিযোজিত হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে।

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

CO_2-এর শিল্প প্রস্তুতিতে এই পদ্ধতিটিই অনুসৃত হয়। এই পদ্ধতিতে একটি বিশেষ ধরণের চুল্লীতে, মার্বেল পাথর বা ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অন্য উৎস (যেমন শামুকের খোলা ইত্যাদি) তীব্র উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন CO_2, চুল্লীর নির্গমনল

* ক্ষারীয় ধাতুর কার্বনেটগুলি যেমন, Na_2CO_3, K_2CO_3 উচ্চচাপে বিযোজিত হয় না।

দিয়া বাহির হইয়া আসে। চুল্লী শীতল করিয়া, ভিতর হইতে চুন (CaO) সংগ্রহ করা হয়।

● বাইকার্বনেট লবণগুলিকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$
$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

● অ্যালকোহলের সন্ধান বিক্রিয়ায় CO_2 সহজাত পদার্থরূপে উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} = 2CO_2 + \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH}$$

□ কার্বন ডায়ক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস। ইহার একটি মৃদু গন্ধ ও মৃদু অম্ল স্বাদ আছে। চাপযোগে ইহা সহজে তরল হইয়া যায় ; তরল CO_2 একটি হিমায়ক। তরল CO_2-এর সহসা বাষ্পীভবন করিলে কঠিন CO_2 উৎপন্ন হয় ; ইহাকে '**শুষ্ক বরফ**' (**dry ice**) বলা হয় ; ইহা বরফের পরিবর্তে হিমায়ক রূপে বহুল ব্যবহৃত হয়। 'শুষ্ক বরফ' উত্তাপে সোজাসুজি গ্যাসীয় CO_2-রূপে পরিণত হয়। ইহা জলে যথেষ্ট দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা একটি নিরুদক এবং জলে দ্রাব্য হইয়া দ্বিক্ষারীয় অম্ল, —কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3.$$

কার্বনিক অ্যাসিড অস্থায়ী মৃদু অম্ল ; ইহাকে জল হইতে পৃথক করা যায় না। কিন্তু ইহার লবণগুলি স্থায়ী। ইহা কার্বনেট ও বাইকার্বনেট দুই শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে।

$$H_2CO_3 + 2NaOH = \underset{\text{সোডিয়াম কার্বনেট}}{Na_2CO_3} + 2H_2O$$
$$H_2CO_3 + NaOH = \underset{\text{সোডিয়াম বাইকার্বনেট}}{NaHCO_3} + H_2O$$

● ইহা দাহ্যও নয়, দহন সহায়কও নয়। জলন্ত কাঠি CO_2 গ্যাসজারে প্রবিষ্ট করাইলে, উহা নিভিয়া যায়। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া বায়ুস্তরকে বিচ্যুত করে এবং অগ্নিনির্বাপন কালে ব্যবহার করিলে ইহা জলন্ত বস্তু হইতে বায়ুস্তরের বিচ্যুতি ঘটাইয়া দহনের প্রয়োজনীয় বায়ুসংযোগ ছিন্ন করিয়া দেয় ; ফলে অগ্নি নির্বাপিত হয়।

● ইহা আম্লিক অক্সাইড বলিয়া ক্ষারীয় হাইড্রক্সাইড চুনের জলের সহিত অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করিয়া চুনের জল ঘোলা করে।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = \underset{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{CaCO_3} + H_2O$$

অতিরিক্ত মাত্রায় CO_2 পূর্বোক্ত ঘোলা চুনের জলে চালনা করিলে, দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হইয়া চুনের জল স্বচ্ছ হইয়া যায়।

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{CaCO_3} + H_2O + CO_2 = \underset{\text{ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2}$$

এই স্বচ্ছ ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট দ্রবণকে উত্তাপ দিলে ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট পুনরায় ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় ও দ্রবণটি আবার ঘোলা হইয়া যায়।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

● ইহা একটি স্থায়ী যৌগ কিন্তু উচ্চতাপে ধাতু, কার্বন প্রভৃতির দ্বারা ইহা বিজারিত হয়।

$$CO_2 + C = 2CO\,; \qquad CO_2 + H_2 = CO + H_2O$$
$$CO_2 + Zn = ZnO + CO\,; \qquad 3CO_2 + 4Na = 2Na_2CO_3 + C$$
$$CO_2 + Fe = FeO + CO\,; \qquad CO_2 + 2Mg = 2MgO + O$$

● সবুজ উদ্ভিদগুলি জৈব-যৌগ ক্লোরোফিলের সাহায্যে সূর্যালোকের উপস্থিতিতে CO_2 হইতে সালোকসংশ্লেষ বিক্রিয়ায় শর্করা উৎপন্ন করে ও O_2 বিমুক্ত করে।

$$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

□ নিরীক্ষা :

● ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী, জলে দ্রাব্য, বর্ণহীন ও প্রায় গন্ধহীন গ্যাস।

● ইহা চুনের জলে চালিত করিলে চুনের জল ঘোলা হয় ; ঘোলা দ্রবণে ইহা অতিরিক্ত পরিমাণ চালনা করিলে, দ্রবণটি স্বচ্ছ হইয়া যায়।

● CO_2-পূর্ণ গ্যাসজারে জলন্ত Mg-তার জলিতে থাকে ও কৃষ্ণবর্ণের কার্বন বিমুক্ত হয়। $CO_2 + 2Mg = 2MgO + C$

এই পরীক্ষাটি প্রমাণ করে, কার্বন ডায়ক্সাইডে কার্বন আছে।

□ ব্যবহার :

● অগ্নিনির্বাপক রূপে ; ● বাতান্বিত জল, (aerated water) যেমন সোডাওয়াটার, লেমনেড প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ; ● শুষ্ক বরফ প্রস্তুতিতে ; ● সলভে পদ্ধতিতে (Solvay Process) সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্প প্রস্তুতিতে এবং ইউরিয়া ও স্যালিসিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে কার্বন ডায়ক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

সিলিকা বা সিলিকন ডায়ক্সাইড (SiO_2)

অধাতু সিলিকনের (Si) কঠিন অক্সাইড যৌগের নাম সিলিকা বা সিলিকন ডায়ক্সাইড। ইহা প্রকৃতিতে অনিয়তাকার ও স্ফটিকাকারে পাওয়া যায় :

● অনিয়তাকার রূপে ইহার অস্তিত্বগুলি—ওপাল (opal), অ্যাগেট (agate) ও ফ্লিন্ট (flint)।

● স্ফটিকাকাররূপে ইহার অস্তিত্বগুলি—কোয়ার্জ (quartz), ট্রাইডিমাইট (trydymite) ও ক্রিস্টোব্যালাইট (crystobalite)।

স্ফটিকাকার রূপগুলির তাপের সহিত পারস্পরিক পরিবর্তন ঘটে—

$$\text{কোয়ার্জ} \overset{870^\circ}{\rightleftharpoons} \text{ট্রাইডিমাইট} \overset{1470^\circ}{\rightleftharpoons} \text{ক্রিস্টোব্যালাইট} \overset{1710^\circ}{\rightleftharpoons} \text{তরলরূপ।}$$

সিলিকার সর্বাধিক পরিচিত অস্তিত্ব বালুকা বা বালি। ইহা কোয়ার্জের ক্ষয়িত রূপ। বিশুদ্ধরূপে সিলিকা সাদা ; সাধারণ বালিতে লৌহ কলুষ পদার্থরূপে থাকায় ইহার রঙ হলুদ।

সিলিকার নানা রঙীন* রূপ—মণিরূপে সমাদৃত ; যেমন পান্না (emareld), গোমেদ (amethyst), বৈদূর্যমণি (cat's eye), ওপাল (opal) ইত্যাদি।

সিলিকা প্রকৃতিতে অন্য ধাতব অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত হইয়া ধাতব সিলিকেটরূপেও বর্তমান থাকে। অভ্র, চীনামাটি, অ্যাসবেস্টস, সাধারণ মাটি—এগুলি নানা সিলিকেট হইতে সঞ্জাত।

বাঁশজাতীয় উদ্ভিদের তন্তুতে এবং বাঁশে সিলিকা থাকে। একজাতীয় ক্ষুদ্র উদ্ভিদের দেহাবশেষরূপে, সচ্ছিদ্র সিলিকার আরেকটিরূপ পাওয়া যায় ; ইহাকে কিসেলগুর (kiselguhr) বলা হয়। স্পঞ্জেও সিলিকা থাকে।

□ সিলিকার প্রস্তুতি :

● ধাতব সিলিকেট বা বালিকে, সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত উত্তাপে গলিত করিলে, সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয় ; উৎপন্ন সোডিয়াম সিলিকেট উত্তপ্ত জল দ্বারা দ্রবীভূত করিয়া, ঐ দ্রবণে গাঢ় HCl যোগে বিক্রিয়া করিলে জেলির ন্যায় অদ্রাব্য সিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সিলিসিক অ্যাসিডকে HCl ও জল দ্বারা বারংবার ধৌত করিয়া, অবশেষে উহাকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে শ্বেতবর্ণের চূর্ণরূপে সিলিকন ডায়ক্সাইড বা সিলিকা পাওয়া যায়।

$$SiO_2 \text{ (বালি)} + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

$$Mg_2SiO_3 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + MgCO_3$$

$$Na_2SiO_3 + 2HCl = \underset{\text{সিলিসিক অ্যাসিড}}{H_2SiO_3} + 2NaCl$$

$$H_2SiO_3 = SiO_2 + H_2O$$

● সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড গ্যাসকে জলে চালিত করিলে অদ্রাব্য অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ; ইহাকে পৃথক ও ধৌত করিয়া, তীব্র উত্তপ্ত করিলে সিলিকন ডায়ক্সাইড বা সিলিকা উৎপন্ন হয়।

$$SiCl_4 + 4HOH = \underset{\text{অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড}}{Si(OH)_4} + 4HCl$$

$$Si(OH)_4 = SiO_2 + 2H_2O$$

* অতি অল্প পরিমাণে বিভিন্ন বিশেষ বিশেষ ধাতু কলুষ পদার্থরূপে বর্তমান থাকিলে সিলিকা রঙীন হয়।

☐ **সিলিকার ধর্ম ঃ**

ভৌতধর্ম—কেলাসরূপে সিলিকা সাদা কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাংক 1710°C ; এই উষ্ণতার উর্ধ্বে ইহা গলিত হইয়া কাচের মতো রূপ ধারণ করে ও উহা হইতে নানা আকৃতির তাপসহ-ইষ্টক বা তাপসহ-পাত্র নির্মাণ করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা জলে ও নানা অম্লে অদ্রাব্য। কেবলমাত্র HF অম্লে দ্রাব্য হইয়া ইহা উদ্বায়ী সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 \uparrow + 2H_2O$$

সাধারণ কাচে সিলিকা থাকে। এই কারণে, কাচপাত্র HF দ্বারা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। HF-এর দ্বারা কাচ পাত্রের গায়ে নানা নক্শা ও ছবি আঁকা যায়।

● ইহা একটি অধাতব আম্লিক অক্সাইড, এবং গলিত কষ্টিক ক্ষার ও সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সিলিকেট লবণ উৎপন্ন করে।

$$2NaOH + SiO_2 = Na_2SiO_3 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

অন্য ধাতব অক্সাইডের সহিত অনুরূপভাবে উচ্চতাপে সিলিকেট উৎপন্ন হয়।

$$PbO + SiO_2 = PbSiO_3$$

সাধারণ কাচ—সিলিকা, সোডিয়াম সিলিকেট ও নানা ধাতব সিলিকেটের মিশ্র।

● সিলিকা ও কোকচূর্ণের উত্তপ্ত মিশ্রের উপর দিয়া Cl_2 গ্যাস চালনা করিলে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$SiO_2 + 2C + 2Cl_2 = SiCl_4 + 2CO$$

● অনুদ্বায়ী বলিয়া সিলিকা উচ্চতাপে বহু অম্লের লবণ হইতে অম্লটিকে প্রতিস্থাপিত করে।

$$Na_2SO_4 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + SO_3$$
$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

● তড়িৎ চুল্লীর উচ্চতাপে সিলিকা কোকের সহিত বিক্রিয়ায় সিলিকন কার্বাইড উৎপন্ন করে।

$$SiO_2 + 2C = SiC + CO_2$$

● গাঢ় Na_2SiO_3-এর দ্রবণে HCl যোগ করিয়া যে কলয়ডীয় সিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, উহাকে 300°C উষ্ণতায় শূন্যচাপে, তীব্র উত্তপ্ত করিলে যে সিলিকা উৎপন্ন হয়—উহা চূর্ণ, ধৌত ও শুষ্ক করিয়া **সিলিকা জেল (silica gel)** নামে এক বিশেষ রূপের সিলিকা পাওয়া যায় ; ইহা প্রচুর জল ও জলীয় বাষ্প শোষণের ক্ষমতা সম্পন্ন। বহুবিধ রাসায়নিক পরীক্ষায় ও শিল্পে ইহা বিশোষকরূপে ও অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়।

□ ব্যবহার ঃ

● সিলিকা কোয়ার্জরূপে নানা আলোক সংক্রান্ত যন্ত্রপাতি, লেন্স, প্রিজম প্রভৃতির প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ● কিছু কিছু কোয়ার্জের রঙীন প্রকারভেদ, যেমন পান্না, গোমেদ, বৈদুর্যমণি ইত্যাদি মণিরূপে ব্যবহার হয়। ● রাসায়নিক তুলাযন্ত্র প্রস্তুতিতে ঘর্ষণরোধীরূপে অ্যাগেট ব্যবহার করা হয়। ● গলিত সিলিকা হইতে তাপসহ-ইষ্টক ও তাপসহ-পাত্র নির্মাণ করা হয়। ● সিলিকা সিলিকা জেল-রূপে, অনার্দ্রকরণে ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমুহ

নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সহিত বিভিন্ন মাত্রায় সংযুক্ত হইয়া পাঁচটি সুনির্দিষ্ট অক্সাইড উৎপন্ন করে।

অক্সাইডের নাম	সংকেত	নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা	প্রকৃতি
নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	+1	প্রশম অক্সাইড
নাইট্রিক অক্সাইড	NO	+2	প্রশম অক্সাইড
নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড	N_2O_3	+3	আম্লিক অক্সাইড $N_2O_3+H_2O$ $=2HNO_2$ নাইট্রাস অ্যাসিড
নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড বা নাইট্রোজেন পারক্সাইড	N_2O_4 বা, NO_2	+4	মিশ্র আম্লিক অক্সাইড $2NO_2+H_2O$ $=HNO_2+HNO_3$ নাইট্রাস অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড
নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড	N_2O_5	+5	আম্লিক অক্সাইড $N_2O_5+H_2O$ $=2HNO_3$

নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)

নাইট্রাস অক্সাইড নানা উপায়ে প্রস্তুত করা যায় :—

□ **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি ঃ**

একটি গোলতল ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, (বা অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্র) লইয়া উহাকে তারজালির উপর বসাইয়া বার্নার যোগে

উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয় ও নির্গম-নলপথে বাহির হইয়া আসে। ইহা শীতল জলে অধিক দ্রাব্য বলিয়া উষ্ণ জলপূর্ণ গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 4H_2O + 2N_2O$$

● হাইড্রক্সিল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড ($NH_2OH.HCl$) ও সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ মিশ্রিত করিলে, বিশুদ্ধ নাইট্রাস অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$NaNO_2 + NH_2OH.HCl = N_2O + 2H_2O + NaCl$$

● নাইট্রিক অ্যাসিড নানা বিক্রিয়কের সহিত বিজারণে, নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2HNO_3 + 4SnCl_2 + 8HCl = 4SnCl_4 + N_2O + 5H_2O$$

$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$$

☐ নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—ইহা মৃদু মিষ্টগন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী। ইহার হিমাংক $-90{\cdot}8^\circ C$ এবং স্ফুটনাংক $-88{\cdot}5^\circ C$। ইহা শীতল জল ও অ্যালকোহলে দ্রাব্য ; কিন্তু উষ্ণজলে ইহা প্রায় অদ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—● নাইট্রাস অক্সাইড প্রশম অক্সাইড। ইহার জলীয় দ্রবণ প্রশম দ্রবণ। যদিও হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড ($H_2N_2O_2$) উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয় ($H_2N_2O_2 = N_2O + H_2O$), বিপরীতক্রমে নাইট্রাস অক্সাইড কিন্তু জলের সহিত দ্রবীভূত হইয়া $H_2N_2O_2$ উৎপন্ন করে না ; সেই কারণে ইহাকে হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিডের নিরুদক বলা যায় না।

● ইহা দাহ্য নয়, কিন্তু অক্সিজেনের মত জলন্ত বস্তুর দহনের সহায়ক। জলন্ত Na, K, P, C প্রভৃতি এই গ্যাসের ভিতর অতি তীব্রভাবে জলিতে থাকে।

$$C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2$$

$$4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2$$

প্রকৃতপক্ষে, নাইট্রাস অক্সাইড উত্তাপে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে বিযোজিত হইয়া যায় ; বিযোজনের ফলে উৎপন্ন অক্সিজেনই দহনে সহায়তা করে।

উত্তপ্ত Cu-এর সহিত ইহা কপার অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Cu + N_2O = CuO + N_2$$

● ইহা উত্তপ্ত সোডামাইডের সহিত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যাজাইড উৎপন্ন করে।

$$N_2O + NaNH_2 = \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাজাইড}}{N_3Na} + H_2O$$

● নাইট্রাস অক্সাইড স্বল্প পরিমাণে শ্বাসবায়ুর সহিত আঘ্রাণ করিলে একটি স্ফূর্তির ভাব আনে ও হাসির উদ্রেক করে ; সেইজন্য ইহাকে **'লাফিং গ্যাস'** (laughing

gas) বলা হয়। অতিরিক্ত আঘ্রাণ করিলে ইহা সাময়িকভাবে সংজ্ঞা লুপ্ত করে। ইহা বিষাক্ত নয়।

□ **নিরীক্ষা :**

● অক্সিজেনের সহিত ইহার আপাত সাদৃশ্য থাকিলেও ইহা (i) অক্সিজেনের ন্যায় ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয় না, বা (ii) নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত বাদামী বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন করে না।

● নাইট্রোজেনের অন্য অক্সাইডগুলির সহিত ইহার পার্থক্য—ইহা (i) ফেরাস সালফেট দ্রবণে শোষিত হয় না, বা (ii) $KMnO_4$ দ্রবণের সহিত কোন বিক্রিয়া করে না।

□ **ব্যবহার :**

নাইট্রাস অক্সাইড প্রথম ব্যবহৃত রাসায়নিক সংজ্ঞাহর (anaesthetic)। অস্ত্রোপচারে, দাঁত তুলিবার সময়,—সাময়িক সংজ্ঞালোপের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রিক অক্সাইড (NO)

□ **নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি :**

সাধারণ উষ্ণতায় অল্প-গাঢ় HNO_3 (1 : 1) অ্যাসিডের সহিত কপারের বিক্রিয়া দ্বারা পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

একটি উল্‌ফ্‌ বোতলে কিছু কপার কুচি লইয়া, থিস্‌ল্‌ ফানেল মাধ্যমে উহাতে (1 : 1) HNO_3 যোগ করা হয়; উৎপন্ন NO নির্গম-নলপথে বাহির হইয়া আসে। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডের প্রাথমিক অংশ উল্‌ফ্‌ বোতলের ভিতরের বায়ুর সহিত বিক্রিয়ায় গাঢ় বাদামী NO_2 উৎপন্ন করে; উৎপন্ন NO দ্বারা বাহিত হইয়া এই NO_2 অপসৃত হইবার পর,—নাইট্রিক অক্সাইডকে, জলপূর্ণ গ্যাসজারে জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধিকরণ—উপরোক্ত সংগৃহীত NO গ্যাস সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। বিশুদ্ধ করিতে হইলে ইহাকে ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$) দ্রবণে চালিত করা হয়; উহার ফলে কেবলমাত্র NO ঐ দ্রবণে শোষিত হয়, অন্য সংশ্লিষ্ট গ্যাসগুলি হয় না।

$$FeSO_4+NO=[FeSO_4][NO] \text{ (নাইট্রোসিল ফেরাস সালফেট)}$$

পরে, ঐ ফেরাস সালফেট দ্রবণটি উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ NO উৎপন্ন হয়। তখন ইহাকে P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করিয়া পারদপূর্ণ গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। ইহা বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড।

● নাইট্রেট ও নাইট্রাইটের অম্লীয় দ্রবণকে উপযুক্ত বিজারক যোগে বিজারণ করিলে, নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$3FeCl_2 + NaNO_3 + 4HCl = 3FeCl_3 + NaCl + 2H_2O + NO$$
$$2NaNO_2 + 2KI + 4HCl = 2NaCl + 2KCl + I_2 + 2H_2O + 2NO$$

● নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন তড়িৎ-আর্কের উষ্ণতায় সংযুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে ; বিক্রিয়াটি উভমুখী : $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$

☐ নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—নাইট্রিক অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী, বর্ণহীন, জলে অতি অল্প দ্রাব্য বিষাক্ত গ্যাস। ইহার হিমাংক $-164^\circ C$, স্ফুটনাংক $-152^\circ C$।

রাসায়নিক ধর্ম—● নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড।

● ইহা দাহ্যও নয়, দহনের সহায়কও নয়। নাইট্রিক অক্সাইড-পূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলন্ত কাঠি, সালফার প্রভৃতি প্রবিষ্ট করাইলে নিভিয়া যায়। কিন্তু পূর্ণ প্রজ্জ্বলিত ফসফোরাস বা ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে আরও প্রদীপ্ত হইয়া জ্বলিয়া ওঠে ; কারণ, অধিক উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয় এবং উৎপন্ন অক্সিজেন তখন দহনে সহায়তা করে।

● বহু উত্তপ্ত ধাতু ইহার সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

● ইহা বায়ুর বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে গাঢ় বাদামী নাইট্রোজেন পারক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $2NO + O_2 = 2NO_2$

● উষ্ণ চারকোলের ($50^\circ C$) সান্নিধ্যে ইহা ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড (NOCl) উৎপন্ন করে।

$$2NO + Cl_2 = 2NOCl$$

● ইহা শীতল $FeSO_4$ দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে শোষিত হইয়া একটি গাঢ় বাদামী বর্ণের যুত-যৌগ (addition compound) উৎপন্ন করে ; এই বিক্রিয়াটি নাইট্রেট লবণের **'বলয় পরীক্ষা'র** (ring test) ভিত্তিরূপে ব্যবহৃত হয়।

$$FeSO_4 + NO = [FeSO_4][NO]$$

উৎপন্ন যুত-যৌগটি অস্থায়ী ; ইহার দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে উহা পুনরায় NO উৎপন্ন করে। $[FeSO_4][NO] = FeSO_4 + NO$

NO বিভিন্ন ধাতুর সহিত 'কার্বোনিলের' ন্যায় 'নাইট্রোসিল' শ্রেণীর জটিল যৌগ উৎপন্ন করে।

● পটাশিয়াম পার্মাংগানেট প্রভৃতি জারক দ্রব্যের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$3KMnO_4 + 6H_2SO_4 + 5NO = 3KHSO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O + 5HNO_3$$
$$3I_2 + 4H_2O + 2NO = 2HNO_3 + 6HI.$$

● নানা বিজারক পদার্থের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা বিজারিত হয়।

$$2NO+SO_2+H_2O=N_2O+H_2SO_4$$

$$3Sn+6HCl+2NO=3SnCl_2+2NH_2OH$$

হাইড্রক্সিল অ্যামিন

● হাইড্রোজেনের সহিত উচ্চ তাপে বিক্রিয়ায় ইহা নাইট্রোজেন এবং প্লাটিনাম অনুঘটকের সান্নিধ্যে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়।

$$2NO+2H_2 = 2H_2O+N_2$$

$$2NO+5H_2 \overset{\text{অনুঘটক}}{=} 2NH_3+2H_2O.$$

□ **নিরীক্ষা :**

● ইহা বায়ুর বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে গাঢ় বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। ● ইহা ফেরাস সালফেট দ্রবণ দ্বারা শোষিত হইয়া গাঢ় বাদামী বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

□ **ব্যবহার :**

প্রকোষ্ঠ প্রণালীর (Chamber process) দ্বারা সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি কালে, নাইট্রিক অক্সাইড 'অক্সিজেন বাহক' (oxygen carrier) রূপে ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড (N_2O_3)

□ **নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড প্রস্তুতি :**

সাধারণ মাত্রায় (60%) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে স্টার্চ (starch) বা আর্সেনিয়াস অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত করিয়া পাতিত করিলে, লাল রঙের গ্যাসীয় নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন হয় ; ইহাকে হিমমিশ্রে (বরফ ও সাধারণ লবণ) নিমজ্জিত একটি U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া, ঐ নলে তরলীভূত, নীলবর্ণের তরলরূপে ইহা সংগ্রহ করা হয়।

$$2HNO_3+As_2O_3+2H_2O=N_2O_3+2H_3AsO_4.$$

● নাইট্রিক অ্যাসিডের (ঘনাংক 1·17) সহিত কপারের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$6HNO_3+2Cu=2Cu(NO_3)_2+3H_2O+N_2O_3.$$

□ **নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইডের ধর্ম :**

ভৌত ধর্ম—সাধারণ উষ্ণতায় ইহা রক্তাভ বাদামী বর্ণের গ্যাস। নিম্ন উষ্ণতায় ইহা একটি অস্থায়ী নীল বর্ণের তরল পদার্থ ; স্ফুটনাংক $-21^\circ C$; গলনাংক $-102^\circ C$.

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা অস্থায়ী পদার্থ এবং অধিক উষ্ণতায় ($-21^\circ C$) ইহা দুইটি অক্সাইডে বিযোজিত হয়।

$$2N_2O_3 \rightleftharpoons 2NO+N_2O_4$$

এই কারণে ইহাকে যুগ্ম-অক্সাইড বলিয়া গণ্য করা যায়।

● জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2N_2O_3+H_2O=HNO_3+HNO_2+2NO$$

● ইহা অম্লধর্মী এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায়, নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$N_2O_3+2NaOH=2NaNO_2+H_2O$$

□ **নিরীক্ষা :**

● ইহা নিম্ন উষ্ণতায় তরলীভূত হইয়া, নীলবর্ণের তরল উৎপন্ন করে ও সাধারণ উষ্ণতায় লাল বাদামী বর্ণের গ্যাসরূপে থাকে।

● ইহা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায়, নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে।

□ **ব্যবহার :** ● নাইট্রাইট লবণ উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

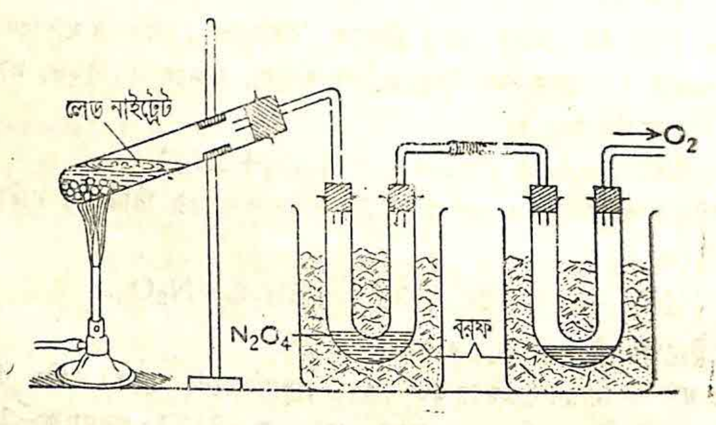
নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (NO_2 বা N_2O_4)

ইহাকে ডাইনাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড বা পুরাতন নামে নাইট্রোজেন পারক্সাইডও বলা হয়।

□ **নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড প্রস্তুতি :**

● পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড প্রস্তুতির জন্য দৃঢ় কাচ-নলে ধাতব* নাইট্রেট লইয়া তীব্র উত্তপ্ত করা হয় ও নির্গত নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড গ্যাসকে হিমমিশ্রে নিমজ্জিত কয়েকটি U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করা হয়।

$$2Pb(NO_3)_2=2PbO+2N_2O_4+O_2$$



চিত্র নং 14·3

* গুরু পারমাণবিক ওজনের ধাতু যেমন Pb, Hg প্রভৃতির নাইট্রেট লওয়া হয়। সোডিয়াম ও পটাশিয়াম নাইট্রেট উত্তাপে নাইট্রাইট ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে, NO_2 উৎপন্ন করে না।

$$2NaNO_3=2NaNO_2+O_2$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট, উত্তাপে N_2O উৎপন্ন করে ; ইহাও NO_2 উৎপন্ন করে না।

উৎপন্ন গ্যাসীয় NO_2, বা N_2O_4 হলুদ বর্ণের তরল পদার্থরূপে শীতল U-নলে জমে ও অক্সিজেন বহির্গত হইয়া যায়। পরে ঐ তরল NO_2-কে সাধারণ উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে উহা গাঢ়-বাদামী গ্যাসরূপে পরিণত হয় (চিত্র নং 14·3)।

● নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগের ফলে নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $2NO+O_2=2NO_2$

● নাইট্রাইট লবণের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2HNO_3+NaNO_2=NaNO_3+N_2O_4+H_2O$

□ নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম—সাধারণ উষ্ণতায় ইহা গাঢ় বাদামী বর্ণের কটু-গন্ধী, বিষাক্ত গ্যাস। ইহাকে শীতল করিলে ($<22^\circ C$) হলুদ বর্ণের তরল পদার্থে ও আরও শীতল করিলে ($-9^\circ C$) বর্ণহীন কঠিনে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—● উষ্ণতা পরিবর্তনের সহিত ইহার অবস্থা, বর্ণ ও অণুর গঠন পরিবর্তিত হয়।

$$\underset{\text{কঠিন (বর্ণহীন)}}{N_2O_4} \overset{-9^\circ C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{তরল (হলুদবর্ণ)}}{N_2O_4} \overset{22^\circ C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{গ্যাস (বাদামী)}}{N_2O_4} \overset{140^\circ C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{গ্যাস (গাঢ় বাদামী)}}{2NO_2} \overset{620^\circ C}{\rightleftharpoons} 2NO+O_2$$

● ইহা দাহ্য নয় এবং সাধারণ অবস্থায় দহনের সহায়কও নয় ; N_2O_4-পূর্ণ গ্যাসজারে জলন্ত কাঠি নিভিয়া যায়। কিন্তু N_2O_4-পূর্ণ গ্যাসজারে তীব্র প্রজ্জ্বলন্ত P, K, C প্রভৃতি জলিতে থাকে ; কারণ উচ্চ উষ্ণতায় ইহা বিযোজিত হইয়া N_2 ও O_2 উৎপন্ন করে এবং উৎপন্ন O_2 তখন দহনের সহায়ক হয়।

● ইহা জারক পদার্থ। বিভিন্ন বিজারক পদার্থের সংস্পর্শে ইহা বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয় ও বিজারক পদার্থগুলিকে জারিত করে।

$$2CO+N_2O_4=2CO_2+2NO$$
$$2H_2S+N_2O_4=2S+2H_2O+2NO$$
$$2Pb+N_2O_4=2PbO+2NO$$

● প্লাটিনাম অনুঘটকের সান্নিধ্যে ইহা হাইড্রোজেন যোগে বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়।

$$N_2O_4+7H_2=2NH_3+4H_2O$$

● ইহা গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত দ্রাব্য হইয়া একটি যুত-যৌগ নাইট্রোসিল সালফিউরিক অ্যাসিড $SO_2(OH)O.NO$ উৎপন্ন করে ; প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনকালে, এই যৌগটি অন্তবর্তী পদার্থরূপে দেখা যায়।

● ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই কারণে উহাকে অ্যাসিড দুইটির 'মিশ্র নিরুদক' (mixed anhydride) বলা যায়।

$$N_2O_4+H_2O=HNO_2+HNO_3$$

জলের উষ্ণতা অধিক হইলে, নাইট্রাস অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া থাকে এবং NO উৎপন্ন পদার্থরূপে পাওয়া যায়।

$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO.$$

● ক্ষারের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন হয়।

$$N_2O_4 + 2KOH = KNO_2 + KNO_3 + H_2O.$$

☐ **নিরীক্ষা :** ● ইহা দাহ্যও নয় এবং সাধারণভাবে দহনের সহায়কও নয়।

● ইহা ফেরাস সালফেট দ্রবণে শোষিত হয় না, কিন্তু উহা ঐ দ্রবণকে জারিত করিয়া ফেরিক সালফেট উৎপন্ন করে।

● ইহা ক্ষারের সহিত একযোগে নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে।

☐ **ব্যবহার :** ইহার ব্যবহার সীমাবদ্ধ। নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণের প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5)

ইহাকে ডাইনাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যানহাইড্রাইডও বলা হয়।

☐ নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড প্রস্তুতি :

● বিশুদ্ধ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·5) ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড যোগে মৃদু উত্তাপে পাতিত করিলে নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহাকে শীতল গ্রাহকে সংগ্রহ করিলে, কমলা বর্ণের তরলরূপে পাওয়া যায়। গ্রাহকটি শুষ্ক বরফ' (dry ice) ও ইথার মিশ্রে শীতল করিয়া রাখিলে, ইহা গ্রাহকে সাদা কেলাসরূপে কঠিনীভূত অবস্থায় পাওয়া যায়।

$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$

● অনার্দ্র সিলভার নাইট্রেটের উপর অনার্দ্র ক্লোরিন চালনা করিলে নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4AgNO_3 + 2Cl_2 = 2N_2O_5 + 4AgCl + O_2$$

● তরল নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডের সহিত ওজোনের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$N_2O_4 + O_3 = N_2O_5 + O_2$$

☐ নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—ইহা সাদা কেলাসিত কঠিন পদার্থ, গলনাংক 29°C।

রাসায়নিক ধর্ম—● 0°C-এর নিম্ন উষ্ণতায় ইহা স্থায়ী, কিন্তু গলনাংক ও উহার অধিক উষ্ণতায় ইহা বিযোজিত হইতে থাকে।

$$2N_2O_5 = 2N_2O_4 + O_2$$

● ইহা অম্লধর্মী জলাকর্ষী পদার্থ। জলের সহিত ইহা তাপদায়ী বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই কারণে, উহা নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক।

$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$

● ইহা একটি তীব্র বিজারক পদার্থ ; আয়োডিনকে জারিত করিয়া ইহা আয়োডিন পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$N_2O_5 + I_2 = I_2O_5 + N_2.$$

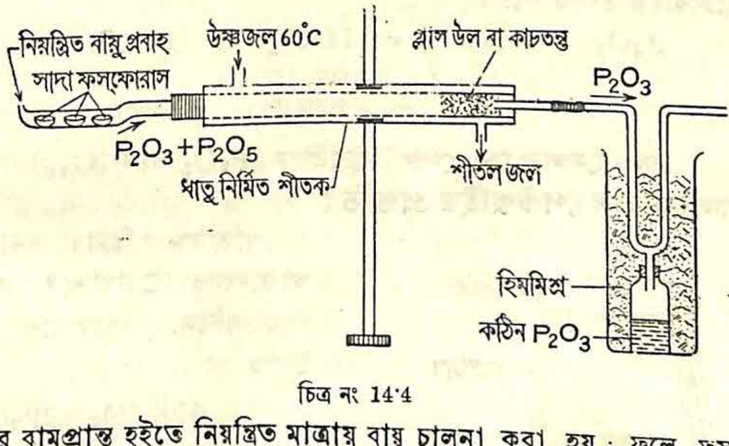
ফসফোরাস ট্রায়ক্সাইড (P_2O_3, P_4O_6)

ফসফোরাস অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া প্রধানত দুইটি অক্সাইড যৌগ গঠন করে :—

(i) অপর্যাপ্ত বায়ুতে দহন করিলে ফসফোরাস, ফসফোরাস ট্রায়ক্সাইড (P_2O_3) ও (ii) পর্যাপ্ত বায়ুতে দহন করিলে ফসফোরাস,—ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_3) উৎপন্ন করে।

□ ফসফোরাস ট্রায়ক্সাইড প্রস্তুতি :

ফসফোরাস ট্রায়ক্সাইডের প্রস্তুতিতে নীচের যন্ত্রসজ্জাটি (চিত্র নং 14·4) ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রসজ্জার সর্ববামে একটি কাচনলের মধ্যে কিছু সাদা ফসফোরাস লইয়া



চিত্র নং 14·4

কাচনলের বামপ্রান্ত হইতে নিয়ন্ত্রিত মাত্রায় বায়ু চালনা করা হয় ; ফলে ফসফোরাস জ্বলিতে থাকে এবং P_2O_3 ও P_2O_5 দুইটি অক্সাইডই উৎপন্ন হয়। প্রবাহিত অক্সিজেনের মাত্রা অপ্রচুর হইলে P_2O_3 বেশী মাত্রায় উৎপন্ন হয়, এবং P_2O_5 সামান্য পরিমাণে উৎপন্ন হয়। কাচনলের অপর প্রান্তে একটি ধাতুনির্মিত শীতক যুক্ত থাকে এবং শীতকটির ভিতরের নলে কিছু কাচতন্তু বা গ্লাস-উল (glass-wool) থাকে, ইহা কঠিন P_2O_5কে আটকাইয়া রাখে। শীতক-নলটির বাহিরের আবরক নল দিয়া উষ্ণ জল (60°C) প্রবাহিত করিয়া শীতক-নলটির ভিতরের উষ্ণতা নিয়ন্ত্রিত রাখা হয়। শীতক-নলের মধ্য দিয়া গ্যাসরূপে প্রবাহিত হইবার ফলে P_2O_3 $-60°C$ উষ্ণতায় গ্যাস থাকে কিন্তু P_2O_5 কাচতন্তুতে আটকাইয়া যায়। শীতক-নলটি হইতে নির্গম-

নলপথে P_2O_3 বাহির হইয়া হিমমিশ্রে রক্ষিত একটি U-নলে কঠিনাকার ধারণ করে ও U-নলের নিম্নাংশের বোতলে সংগৃহীত হইতে থাকে।

□ ফসফোরাস ট্রায়ক্সাইডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম—ইহা কঠিন সাদা কেলাসিত পদার্থ। ইহার গলনাংক 23·8°C, স্ফুটনাংক 173·1°C। তরল অবস্থায় ইহা বর্ণহীন। ইহার রসুনের ন্যায় একটি গন্ধ আছে। ইহা বেনজিন, কার্বন ডাইসালফাইড ও ইথারে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা একটি আম্লিক অক্সাইড। **শীতল জলে** ধীর-গতিতে দ্রবীভূত করিলে ইহা হইতে ফসফোরাস অ্যাসিড (H_3PO_3) উৎপন্ন হয়।

$$P_4O_6+6H_2O=4H_3PO_3$$

এজন্য ইহাকে ফসফোরাস অ্যাসিডের নিরুদক বলা হয়।

● **উষ্ণ জলের** সহিত ইহা মৃদু বিস্ফোরণসহ তীব্র বিক্রিয়া করিয়া ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ও ফসফিন গ্যাস (PH_3) উৎপন্ন করে।

$$P_4O_6+6H_2O=PH_3+3H_3PO_4$$

● ইহা বায়ুতে দহন করিলে, ফসফোরাস পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়।

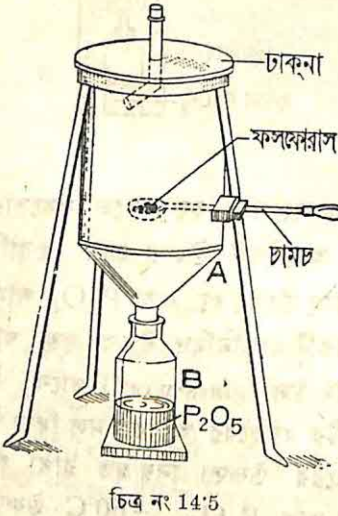
$$P_2O_3+O_2=P_2O_5$$

● ইহা ক্লোরিনের সান্নিধ্যে দ্রুত জলিয়া ওঠে ও প্রধানত ফসফোরাস অক্সিক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$P_2O_3 + 2Cl_2 = \underset{\text{ফসফোরাস অক্সিক্লোরাইড}}{POCl_3} + \underset{\text{মেটাফসফোরিল ক্লোরাইড}}{PO_2Cl}$$

ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5 বা P_4O_{10})

□ ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড প্রস্তুতি ঃ



চিত্র নং 14·5

অতিরিক্ত পরিমাণ অনার্দ্র বায়ু বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ফসফোরাসের দহন ঘটিলে, ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P+5O_2=2P_2O_5.$$

বহুল পরিমাণে P_2O_5 প্রস্তুতির জন্য 14·5 চিত্রানুযায়ী একটি বিশেষ ধরণের লৌহ পাত্র (A) লওয়া হয়। লৌহ পাত্রটির নিম্নদেশ ফানেলের ন্যায় ও ফানেলের নীচে একটি সংগ্রাহক বোতল (B) থাকে। পাত্রটির উপরাংশ খোলা-বন্ধ করা যায় এমন একটি ঢাকনা দ্বারা আবৃত থাকে। পাত্রটির গাত্রের মধ্য দিয়া প্রবিষ্ট একটি চামচ থাকে।

চামচে কিছু সাদা ফসফোরাস লইয়া দহন করা হয় ও মধ্যে মধ্যে পাত্রটির ঢাকনা খুলিয়া পরে বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে পাত্রে সর্বদাই সুপ্রচুর বায়ু বর্তমান থাকে। অতিরিক্ত বায়ুতে দহন ঘটিয়া ঘন সাদা ধোঁয়ার মত ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) উৎপন্ন হয়, ও পরে জমিয়া চূর্ণের আকারে নীচের বোতলে সংগৃহীত হইতে থাকে।

সংগৃহীত P_2O_5-কে পরে একটি লৌহনলে $600^\circ - 700^\circ C$ উষ্ণতায় বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়, ফলে কোন ট্রায়ক্সাইড থাকিলে উহাও পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়; উৎপন্ন গ্যাসীয় P_2O_5-কে পরে শীতল করিয়া সংগ্রহ করা হয়।

□ ফসফোরাস পেণ্টক্সাইডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম—ইহা একটি সাদা কেলাসিত কঠিন পদার্থ; ইহা 250°C উষ্ণতায় ঊর্ধ্বপাতিত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা একটি তীব্র জলাকর্ষী পদার্থ; এই ধর্মের জন্য ইহাকে নানাবিধ গ্যাসের পূর্ণ-অনার্দ্রকরণে বহুল ব্যবহার করা হয়। জলের প্রতি ইহার আকর্ষণ এত তীব্র যে ইহা বিভিন্ন অক্সিঅ্যাসিড অণু হইতে জলের অণু শোষণ করিয়া ঐগুলিকে নিরুদকে পরিণত করে।

$$H_2SO_4 + P_2O_5 = SO_3 + 2HPO_3$$
$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$
$$2HClO_4 + P_2O_5 = Cl_2O_7 + 2HPO_3$$

● ইহা একটি আম্লিক অক্সাইড। জলের উপর P_2O_5 সংযোগ করিলে একটি শীষের মত শব্দ হইয়া, তীব্র তাপদায়ী বিক্রিয়া ঘটে ও মেটাফসফোরিক অ্যাসিড (HPO_3) উৎপন্ন হয়।

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 \text{ (মেটাফসফোরিক অ্যাসিড)}$$

উৎপন্ন জেলির মত মেটাফসফোরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে অতিরিক্ত জলের সহিত দ্রবীভূত থাকে এবং পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড ($H_4P_2O_7$) ও শেষে অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) উৎপন্ন হয়।

$$2HPO_3 + H_2O = H_4P_2O_7 \text{ (পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড)}$$
$$H_4P_2O_7 + H_2O = 2H_3PO_4 \text{ (অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড)}$$

□ **ব্যবহার ঃ** ইহা শ্রেষ্ঠ অনার্দ্রকারী পদার্থরূপে (dehydrating agent) বহুল ব্যবহৃত হয়।

সালফার ডায়ক্সাইড (SO_2)

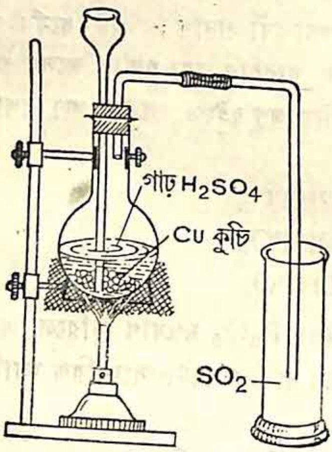
সালফার অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া প্রধানত দুইটি অক্সাইড যৌগ গঠন করে ঃ —(i) সালফার ডায়ক্সাইড (SO_2)—ইহা সালফারের সাধারণ দহনের ফলে উদ্ভূত হয়; (ii) সালফার ট্রায়ক্সাইড (SO_3)—অনুঘটকের সান্নিধ্যে, ইহা সালফার ডায়ক্সাইড ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয়।

☐ সালফার ডায়ক্সাইড প্রস্তুতি :

● পরীক্ষাগারে সালফার ডায়ক্সাইড প্রস্তুতির জন্য একটি থিসল্ ফানেলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্ক লওয়া হয়। ফ্লাস্কে কিছু কপার কুচি লইয়া উহাতে ফানেল যোগে কিছু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) যোগ করা হয় ও ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসাইয়া বার্নার দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। কপার কুচি (Cu) উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় সালফার ডায়ক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে ও কপার, কপার সালফেটে পরিণত হয়।

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

উৎপন্ন SO_2 ফ্লাস্কের সহিত যুক্ত নির্গম-নল পথে বাহির হইয়া আসে। ইহা জলে দ্রাব্য বলিয়া জলের অপসারণ দ্বারা ইহাকে সংগ্রহ করা যায় না। বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া, ইহা বায়ুর উর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র নং 14·6

অনার্দ্র সালফার ডায়কৃসাইড সংগ্রহ করিতে হইলে উৎপন্ন গ্যাসকে গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া চালিত করিয়া পরে পারদের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

● বহুল পরিমাণে SO_2 উৎপাদন প্রয়োজন হইলে সালফার, বা আয়রন পাইরাইটিসকে বায়ুতে দহন করিয়া, SO_2 পাওয়া যায়।

$$S+O_2=SO_2$$
$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

● উচ্চতাপে কিছু ধাতু ও অধাতু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে ও SO_2 উৎপন্ন হয়।

$$Hg+2H_2SO_4=HgSO_4+SO_2+2H_2O$$
$$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$$
$$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$

● সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণের সহিত অম্লের বিক্রিয়ায় SO_2 উৎপন্ন হয়।

$$CaSO_3+2HCl=CaCl_2+SO_2+H_2O$$
$$2NaHSO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O+2SO_2$$

□ সালফার ডায়ক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—ইহা বর্ণহীন, পোড়া গন্ধকের গন্ধযুক্ত কটুগন্ধী গ্যাস। ইহা বিষাক্ত। ইহা সহজেই হিমমিশ্রে বা অল্প চাপে তরলীভূত হয়। তরল সালফার ডায়ক্সাইড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ; স্ফুটনাংক $-10^\circ C$; ইহা একটি জলেতর দ্রাবক (nonaquous solvent)। ইহা জলে অতি দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা অদাহ্য এবং দহনে সহায়তা করে না। ● উচ্চতাপে অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইহা অক্সিজেন বা বায়ুর সহিত যুক্ত হইয়া সালফার ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2SO_2 + O_2 \underset{\text{উচ্চতাপ}}{\overset{\text{অনুঘটক}}{=}} 2SO_3$$

এই বিক্রিয়াটিকে ভিত্তি করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি হয়।

● ইহা একটি আম্লিক অক্সাইড। জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) উৎপন্ন করে। সেই কারণে, ইহা সালফিউরাস অ্যাসিডের নিরুদক। $H_2O + SO_2 = H_2SO_3$.

● আম্লিক অক্সাইড বলিয়া ইহা বিভিন্ন ক্ষারীয় ও ক্ষার দ্রবণের সহিত প্রশমন বিক্রিয়ায় সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$NaOH + SO_2 = NaHSO_3$$
$$2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O.$$
$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O.$$

● কঠিন ক্ষার ও ক্ষারীয় অক্সাইডের সহিতও SO_2 গ্যাসরূপে বিক্রিয়া করিয়া অনুরূপভাবে, সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$SO_2 + CaO = CaSO_3$$
$$Na_2O + SO_2 = Na_2SO_3$$

● ইহা PCl_5-এর সহিত বিক্রিয়ায় থায়োনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$SO_2 + PCl_5 = SOCl_2 + POCl_3$$

● ইহা একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ; বহু ধাতব লবণ ইহার সহিত বিক্রিয়ায় বিজারিত হয়।

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট (কমলা রঙের দ্রবণ) — ক্রোমিক সালফেট (সবুজ রঙের দ্রবণ)

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

পটাশিয়াম পার্মাংগানেট (গোলাপী বর্ণের দ্রবণ) — ম্যাংগানাস সালফেট (বর্ণহীন দ্রবণ)

$2FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড, হলুদ বর্ণের দ্রবণ) $+ SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড, প্রায় বর্ণহীন) $+ H_2SO_4 + 2HCl$

হ্যালোজেনগুলির সহিত বিক্রিয়ায় ইহা জারিত হইয়া H_2SO_4এতে পরিণত হয়।

$$X_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HX + H_2SO_4 \quad (X = Cl, Br, I)$$

● ইহা একটি বিরঞ্জক পদার্থ ; বহু রঙীন জৈব যৌগ, ইহার সহিত বিক্রিয়ায়, বিজারিত হইয়া বর্ণহীন পদার্থে রূপান্তরিত হয়। এই বিরঞ্জনগুলির ক্ষেত্রে জলের উপস্থিতি থাকিলে তবেই বিরঞ্জন ঘটে।

□ **নিরীক্ষা :** ● ইহার বিশিষ্ট নিজস্ব গন্ধ আছে। ● ইহা আয়োডিন দ্রবণকে বর্ণহীন, পার্মাংগানেট দ্রবণকে বর্ণহীন ও ডাইক্রোমেট দ্রবণকে সবুজ বর্ণ করে। ● ইহা আয়োডেট ও স্টার্চ-এর মিশ্র দ্রবণে সিক্ত কাগজকে নীল বর্ণ করে।

$$2KIO_3 + 5SO_2 + 4H_2O = I_2 + 2KHSO_4 + 3H_2SO_4$$

$$I_2 + \text{স্টার্চ} \rightarrow \text{নীলবর্ণ}$$

□ **ব্যবহার :**

● সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদনে কাঁচামালরূপে, ● জীবাণুনাশক ও কীটঘ্নরূপে, ● তরল সালফার ডায়ক্সাইড হিমায়করূপে এবং নানা রাসায়নিক অনুশীলনে জলেতর দ্রাবকরূপে, ● শর্করা শিল্পে ও কাগজ শিল্পে বিরঞ্জকরূপে, ● সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণগুলির প্রস্তুতিতে, ● অতিরিক্ত ক্লোরিন দূরীকরণে (antichlore) ও ● মদ্য, মাংস প্রভৃতির সংরক্ষণে সালফার ডায়ক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

সালফার ট্রায়ক্সাইড (SO_3)

□ সালফার ট্রাইক্সাইড প্রস্তুতি :

● সালফেট লবণকে উচ্চতাপে দীর্ঘকাল উত্তপ্ত করিলে সালফার ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_3 + SO_2$$

$$CaSO_4 = CaO + SO_3$$

উৎপন্ন সালফার ডায়ক্সাইড গ্যাসকে শীতল গ্রাহকে সংগ্রহ করিলে সাদা কঠিন পদার্থরূপে সালফার ট্রায়ক্সাইড পাওয়া যায়।

● **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি :** পরীক্ষাগারে সালফার ট্রায়ক্সাইড প্রস্তুতির জন্য একটি দীর্ঘ 'প্লাটিনাম প্রলিপ্ত-অ্যাসবেসটস' পূর্ণ নল লওয়া হয় (চিত্র নং 14·7) ; এই নলটির বাম প্রান্তে একটি দ্বিমুখী আগম নল সংযুক্ত থাকে ; আগম নলটির

মাধ্যমে শুষ্ক অক্সিজেন ও শুষ্ক সালফার ডায়ক্সাইড প্রবিষ্ট করানো হয়। দীর্ঘ নলটির অপরপ্রান্তে নির্গমনলের সহিত একটি শুষ্ক গোলতল ফ্লাস্ক ও উহার সহিত একটি



চিত্র নং 14·7

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ ($CaCl_2$) রক্ষী নল থাকে ; গোলতল ফ্লাস্কটি হিমমিশ্রে নিমজ্জিত রাখা হয়।

দীর্ঘ নলটি উত্তপ্ত করিয়া, নলের মধ্যে SO_2 এবং O_2 (বেশী পরিমাণে) চালনা করিলে সালফার ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন হয় ও উহা শীতল ফ্লাস্কে সাদা কঠিনরূপে সংগৃহীত হইতে থাকে।

$$2SO_2 + O_2 \underset{\text{অনুঘটক}}{\overset{Pt}{=}} 2SO_3$$

● উত্তপ্ত অবস্থায় গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত ফসফোরাস পেণ্টক্সাইডের বিক্রিয়ায় সালফার ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2SO_4 + P_2O_5 = SO_3 + 2HPO_3$$

● ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড (fuming sulphuric acid) বা পাইরোসালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_7$)-কে পাতিত করিলে, সালফার ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন হয়। $H_2S_2O_7 \rightleftharpoons H_2SO_4 + SO_3$

● বাইসালফেট লবণকে দীর্ঘ উত্তপ্ত করিলে উহা পাইরোসালফেট লবণে (300°C) ও পরে আরও উচ্চ তাপে সালফেট লবণে পরিণত হয় ও সালফার ট্রায়ক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NaHSO_4 = Na_2S_2O_7 + H_2O$$
$$Na_2S_2O_7 = Na_2SO_4 + SO_3$$

□ সালফার ট্রায়ক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—সাধারণ উষ্ণতায় ইহা সাদা স্বচ্ছ কেলাস। ইহার তিনটি কেলাসরূপ আছে, এগুলিকে α, β ও γ প্রতিরূপ বলা হয়। αSO_3—গলনাংক 16·8°, βSO_3—গলনাংক 32·5° এবং γSO_3 একটি উর্ধ্বপাতনধর্মী কঠিন পদার্থ।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা একটি আম্লিক নিরুদক ; জলের সহিত ইহা সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। জলের প্রতি অত্যধিক আসক্তি থাকায় জলের সহিত তীব্র শীসের ন্যায় শব্দ করিয়া ইহার তীব্র তাপদায়ী বিক্রিয়া ঘটে।

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

এই জলাকর্ষী ক্ষমতার জন্য ইহা নানা গ্যাসের শুষ্কীকরণে ব্যবহৃত হয়।

● ইহা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া পাইরোসালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_7$) উৎপন্ন করে।

$$SO_3+H_2SO_4=H_2S_2O_7$$

● অম্লধর্মী অক্সাইডরূপে ইহা ক্ষার দ্রবণ এবং ক্ষার ও ক্ষারীয় অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফেট ও বাইসালফেট লবণ উৎপন্ন করে।

$$Ca(OH)_2+2SO_3=Ca(HSO_4)_2 : \quad CaO+SO_3=CaSO_4$$

$$BaO+SO_3=BaSO_4 \quad ; \quad Na_2O+SO_3=NaSO_4$$

□ **ব্যবহার :** ● ইহা নানা গ্যাসের শুষ্কীকরণে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. পরীক্ষাগারে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত হয় তাহা বর্ণনা কর। ইহার প্রধান কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর।

নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত কার্বন মনোক্স'ইডের বিক্রিয়া সমীকরণ যোগে বিবৃত কর :

উচ্চ তাপে কষ্টিক সোডা দ্রবণ, 50° সেন্টিগ্রেডে নিকেল চূর্ণ, ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ।

2. পরীক্ষাগারে কার্বন ডায়ক্সাইড গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত হয় ? এই প্রস্তুতিকালে লঘু H_2SO_4 ব্যবহার্য কি ? ইহার প্রধান কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর।

নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সহিত কার্বন ডায়ক্সাইডের বিক্রিয়া সমীকরণ যোগে বিবৃত কর :

চুনের জল, উত্তপ্ত Na, উত্তপ্ত Mg।

'শুষ্ক বরফ' কি ?

3. সিলিকন ডায়ক্সাইড প্রকৃতিতে কি কি রূপে পাওয়া যায় ? বিশুদ্ধরূপে ইহাকে কিরূপে প্রস্তুত করা যায় ?

নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত সিলিকার বিক্রিয়া সমীকরণ সহ বিবৃত কর :

HF, উচ্চতাপে Na_2SO_4, উচ্চতাপে কার্বন।

'সিলিকা জেল' কি ? ইহা কিসে ব্যবহৃত হয় ?

4. নাইট্রোজেনের প্রধান অক্সাইড সমূহের একটি তালিকা দাও।

প্রস্তুতি, ধর্ম ও নিরীক্ষার ভিত্তিতে—নাইট্রাস ও নাইট্রিক অক্সাইডের একটি সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা কর।

5. নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস পরীক্ষাগারে কিরূপে বিশুদ্ধরূপে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার প্রধান কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর।

নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত নিম্নোক্ত বিক্রিয়কগুলির কি বিক্রিয়া ঘটে :

$FeSO_4$ দ্রবণ, উত্তপ্ত Cu, অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণ ?

6. নাইট্রোজেন টেট্রকসাইড গ্যাস পরীক্ষাগারে কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? উষ্ণতার পরিবর্ত্তনের সহিত গ্যাসটির আণবিক গঠন কিরূপে পরিবর্তিত হইতে থাকে? ইহার প্রধান কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর।

7. নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সসাইড ও নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইডের প্রস্তুতি ও ধর্মের উপর একটি সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর। নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইডকে 'মিশ্র নিরুদক' বলা হয় কেন?

8. প্রস্তুতি, ধর্ম ও জলের সহিত বিক্রিয়ার ভিত্তিতে ফসফোরাস ট্রায়ক্সাইড ও ফসফোরাস পেন্টক্সাইডের একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

9. পরীক্ষাগারে সালফার ডায়ক্সাইড গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত করা হয় চিত্রসহ বর্ণনা কর। ইহার কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর।

নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত সালফার ট্রায়ক্সাইডের বিক্রিয়া সমীকরণ যোগে বিবৃত কর—

পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ, পটাশিয়াম পার্মাংগানেট দ্রবণ, ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ, ক্লোরিন, চুনের জল।

ক্লোরিনের সহিত সালফার ট্রায়ক্সাইডের বিরঞ্জন ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর।

10. পরীক্ষাগারে সালফার ট্রায়ক্সাইডের প্রস্তুতি কিরূপে হয়? ইহার প্রধান কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর।

পঞ্চদশ অধ্যায়	অক্সিঅ্যাসিড সমূহ নাইট্রাস—নাইট্রিক—ফসফোরাস—ফসফোরিক —সালফিউরাস ও সালফিউরিক অ্যাসিড।

নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2)

নাইট্রোজেনের গুরুত্বপূর্ণ অক্সিঅ্যাসিড দুইটি,—নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2) ও নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)। ইহারা যথাক্রমে N_2O_3 ও N_2O_5 নিরুদক হইতে জলের সংযোগে উৎপন্ন হয়।

নাইট্রাস অ্যাসিডের লবণগুলি স্থায়ী হইলেও নাইট্রাস অ্যাসিড অস্থায়ী অ্যাসিড, কেবলমাত্র দ্রবণে ইহা বর্তমান থাকে,—দ্রবণ হইতে ইহাকে পৃথক করা যায় না।

□ নাইট্রাস অ্যাসিডের প্রস্তুতি :

● নাইট্রাইট লবণে লঘু অম্ল যোগ করিলে দ্রবণে নীলাভ নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ; অ্যাসিডটি অস্থায়ী ও দ্রুত নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডে বিযোজিত হইতে থাকে।

$$NaNO_2 + HCl = NaCl + HNO_2$$
$$4HNO_2 \rightleftharpoons 2N_2O_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NO + N_2O_4 + 2H_2O$$
$$3HNO_2 \rightleftharpoons HNO_3 + H_2O + 2NO.$$

● বেরিয়াম নাইট্রাইট লবণে হিম শীতল লঘু H_2SO_4 যোগ করিয়া ও পরে উৎপন্ন অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফাইটকে পরিস্রাবণ যোগে পৃথক করিবার পর দ্রবণে নীলাভ বর্ণের লঘু নাইট্রাস অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$Ba(NO_2)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HNO_2.$$

● নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলে নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$$

□ নাইট্রাস অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—নাইট্রাস অ্যাসিড নীলাভ বর্ণের অস্থায়ী মৃদু অম্ল।

রাসায়নিক ধর্ম—● নাইট্রাস অ্যাসিড অস্থায়ী এবং সাধারণ উষ্ণতায়ই ধীরে ধীরে বিযোজিত হইতে থাকে।

$$4HNO_2 \rightleftharpoons 2H_2O + 2NO + N_2O_4$$
$$3HNO_2 \rightleftharpoons HNO_3 + H_2O + 2NO.$$

● মৃদু অম্লরূপে, ইহা ক্ষারীয় বা ক্ষারকীয় অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের সহিত নাইট্রাইট শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে।

$$Ca(OH)_2 + 2HNO_2 = Ca(NO_2)_2 + 2H_2O$$
$$NaOH + HNO_2 = NaNO_2 + H_2O$$

● সকল নাইট্রাইট লবণই জলে দ্রাব্য। মৃদু অম্লের লবণ বলিয়া নাইট্রাইট লবণগুলির সামান্য আর্দ্রবিশ্লেষ ঘটে এবং দ্রবণটি মৃদু ক্ষারীয় প্রকৃতির হয়। নাইট্রাইট লবণগুলির দ্রবণ স্ফুটন করিলে বিযোজিত হয়।

$$3NaNO_2 + H_2O = NaNO_3 + 2NaOH + 2NO$$

● নাইট্রাস অ্যাসিড (এবং নাইট্রাইট লবণগুলি) জারক ও বিজারক উভয় প্রকার ধর্মই প্রদর্শন করে।

জারণ ক্রিয়া—জারক পদার্থরূপে নাইট্রাস অ্যাসিড, স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে স্ট্যানিক ক্লোরাইডে, হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডকে আয়োডিনে, সালফার ডায়ক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে ও ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে জারিত করে।

$$SnCl_2 + 2HCl + 2HNO_2 = SnCl_4 + 2H_2O + 2NO$$

$$2HI + 2HNO_2 = I_2 + 2NO + 2H_2O$$

$$SO_2 + 2HNO_2 = H_2SO_4 + 2NO$$

$$2FeSO_4 + 2HNO_2 + H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 2H_2O$$

বিজারণ ক্রিয়া—বিজারক পদার্থরূপে নাইট্রাস অ্যাসিড, পার্মাংগানেট, ডাইক্রোমেট, ক্লোরিন প্রভৃতির দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2KMnO_4 + 4H_2SO_4 + 5HNO_2 = 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 5HNO_3 + 3H_2O$$

$$HNO_2 + Cl_2 + H_2O = 2HCl + HNO_3$$

● নাইট্রাস অ্যাসিড—অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম লবণ ও অ্যামিনোমূলক $(-NH_2)$ যুক্ত যৌগের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$NH_4Cl + HNO_2 = N_2 + HCl + 2H_2O$$

$$\underset{\text{ইউরিয়া}}{CO(NH_2)_2} + 2HNO_2 = 2N_2 + 3H_2O + CO_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণ হইতে নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট লবণ মুক্ত করণে বিক্রিয়াটি প্রযুক্ত হয়।

● নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রবণ ধীরে ধীরে Cu-ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করে।

$$Cu + 4HNO_2 = Cu(NO_2)_2 + 2NO + 2H_2O$$

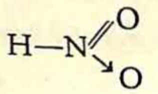
☐ নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইট লবণের নিরীক্ষা :

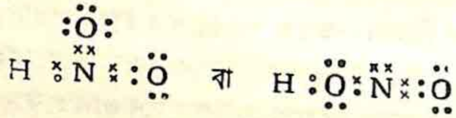
● নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইট লবণ অম্লীকৃত KI দ্রবণ হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে ; বিমুক্ত আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণকে নীলবর্ণ করে।

● নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইট লবণ,—অম্লীকৃত করিলে বাদামী বর্ণ হয়।

● নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইট লবণ,—অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে ও অম্লীকৃত $FeSO_4$ দ্রবণকে গাঢ় বাদামী করে।

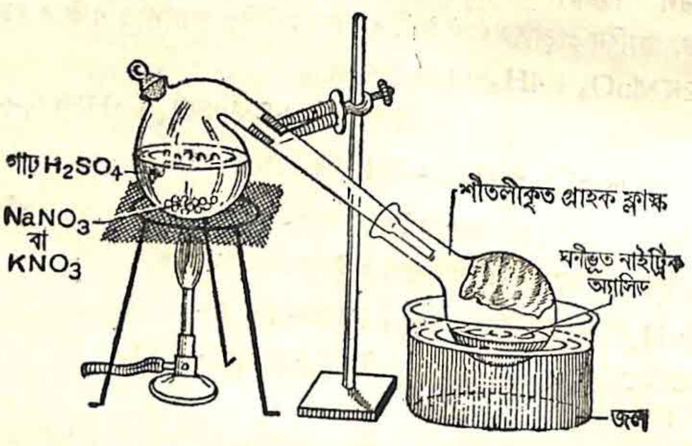
● নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের দ্রবণ,—ইউরিয়া বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণসহ স্ফুটন করিলে বুদ্বুদাকারে নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

সংযুতি : রেখা সংকেত :  বা $HO-N=O$

ইলেকট্রনীয় সংকেত : 

নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)

বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের উপর তড়িৎ মোক্ষণ ও পরে বৃষ্টির প্রভাবে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিড প্রাকৃতিকভাবে উৎপন্ন হয়। এই প্রাকৃতিক



চিত্র—15·1

নাইট্রিক অ্যাসিড বৃষ্টিজলে ধৌত হইয়া মৃত্তিকায় নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে ও উদ্ভিদের খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয়। নানা খনিজরূপেও নাইট্রেট লবণ পাওয়া যায়।

☐ নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি :

● পরীক্ষাগারে একটি রিটর্টে নাইট্রেট লবণ গাঢ় H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত করিয়া পাতিত করিলে, নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় (চিত্র নং 15·1); উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডকে একটি শীতল গ্রাহকে সংগ্রহ করিলে ইহা তরলরূপে পাওয়া যায়।

$$KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3$$

এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত কিছু HNO_3 বিযোজিত হইয়া NO_2 উৎপন্ন করে ও ইহা উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত হইয়া উহাকে ফিকা হলুদবর্ণ করে।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

● **বার্কল্যাণ্ড আইড* আর্ক পদ্ধতি**—বায়ু হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতির জন্য এককালে এই পদ্ধতিটি অনুসৃত হইত। এই পদ্ধতিতে প্রথম একটি তীব্র উত্তাপদায়ী তড়িৎ আর্কের মধ্য দিয়া বিশুদ্ধ বায়ু দ্রুত চালনা করা হয়; ফলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া স্বল্প পরিমাণ নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$N_2 + O_2 \underset{\text{আর্ক}}{\overset{\text{তড়িৎ}}{\rightleftharpoons}} 2NO$$

উৎপন্ন NO, আর্কের বাহিরে আসিয়া অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া N_2O_4-এ পরিণত হয়। উৎপন্ন N_2O_4-কে, ক্রমান্বয়ে কয়েকটি শোষক স্তম্ভের মধ্য দিয়া,—জল বা লঘু HNO_3 ধারাস্রাবে শোষণ করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$H_2O + N_2O_4 = HNO_2 + HNO_3$$
$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

● **অস্টোয়াল্ড† প্রণালী**—অ্যামোনিয়াকে অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ু সহযোগে উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের (750°—900°C) উপর দিয়া চালিত করিলে, অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া NO উৎপন্ন করে।

উৎপন্ন NO-কে অতিরিক্ত বায়ু যোগে NO_2 এবং NO_2-কে জল বা লঘু HNO_3-এতে শোষণের ফলে, নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O\ ;\ 4NO + 2O_2 = 2N_2O_4$$
$$H_2O + N_2O_4 = HNO_3 + HNO_2\ ;\ 3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

□ নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌতধর্ম—ইহা একটি ধূমায়মান কটুগন্ধী তরল পদার্থ। বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহার স্ফুটনাংক 86°C এবং ঘনাংক 1·52। সকল উষ্ণতায়ই ইহা সামান্য বিযোজিত হইয়া N_2O_5 ও জল উৎপন্ন করিতে থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম—● নাইট্রিক অ্যাসিড সকল উত্তাপেই বিযোজিত হইতে থাকে। আলোক সান্নিধ্যে ইহার দ্রুত বিযোজন ঘটে এবং উচ্চতাপে ইহার পূর্ণ বিযোজন ঘটে।

$$2HNO_3 \rightleftharpoons N_2O_5 + H_2O\ ;\ 2N_2O_5 \rightleftharpoons 2N_2O_4 + O_2$$
$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

উৎপন্ন O_2 প্রমাণ করে ইহা একটি অক্সিঅ্যাসিড। উচ্চতাপে এইভাবে O_2 উৎপন্ন হয় বলিয়া উচ্চতাপে ইহা একটি উৎকৃষ্ট জারকরূপে ক্রিয়া করে।

* Brikeland Eyde Process. † Ostwald Process.

● ইহা একটি তীব্র একক্ষারীয় অম্ল। জলীয় দ্রবণে ইহা সম্পূর্ণরূপে আয়নে বিযোজিত হয়। $HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$

● তীব্র অম্লরূপে নানা ক্ষার ও ক্ষারীয় অক্সাইড ও হাইড্রকসাইডকে প্রশমিত করিয়া ইহা নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে।

$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$
$$K_2O + 2HNO_3 = 2KNO_3 + H_2O$$

● গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ক্ষয়কারী (corrosive) পদার্থ ; চর্মের সংস্পর্শে ইহা হলুদ বর্ণের দাগ ও গভীর অনুপ্রবেশে ক্ষত উৎপাদন করে। বহু জৈব ও উদ্ভিদ কোষ নাইট্রিক অ্যাসিড যোগে,—নাইট্রো-যৌগে পরিণত হয়। গ্লিসারিনের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোগ্লিসারিন নামক তীব্র বিস্ফোরক পদার্থ উৎপন্ন হয়। ইহা ডিনামাইটের উপাদান।

● উত্তপ্ত HNO_3 বহু অধাতুকে জারিত করিয়া উহাদের অক্সিঅ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$
$$Si + 4HNO_3 = SiO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$
$$3I_2 + 10HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 2H_2O$$
$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

● বহু যৌগও HNO_3 দ্বারা দ্রবণে জারিত হয় ও HNO_3 বিজারিত হইয়া নানা নাইট্রোজেন যৌগে পরিণত হয়।

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O.$$
$$6KI + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3I_2 + 2NO + 4H_2O$$
$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$
$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 4H_2O + 2NO$$

● গাঢ় HCl-এর সহিত গাঢ় HNO_3, 3 : 1 আয়তনে মিশ্রিত হইয়া যে অম্ল তৈরী করে, উহাকে **অম্লরাজ** বা **অ্যাকোয়া রিজিয়া** (**aqua regia**) বলা হয় ; এই মিশ্রে অম্ল দুইটির পারস্পরিক বিক্রিয়ায় জলের সহিত নাইট্রোসিল ক্লোরাইড নামে গাঢ় লাল রঙের গ্যাস ও সদ্যজ (nascent) ক্লোরিন উৎপন্ন হয়।

$$3HCl + HNO_3 = 2Cl + NOCl + 2H_2O$$

সদ্যজ ক্লোরিন—Au, Pt, প্রভৃতি সহজদ্রাব্য নয় এমন ধাতুগুলিকে ক্লোরাইডে পরিণত করে এবং ফলে ধাতুগুলি দ্রাব্য হইয়া যায়।

$$Au + 4HCl + HNO_3 = \underset{\text{দ্রাব্য ক্লোরোঅরিক অ্যাসিড}}{HAuCl_4} + NO + 2H_2O$$

● দ্রবণে HNO_3, জারক পদার্থরূপে **বিভিন্ন ধাতুর সহিত বিভিন্ন গাঢ়তায় বিক্রিয়া করিয়া**—বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে :

ধাতু	গাঢ়তা	বিক্রিয়া
Cu	উচ্চতাপে গ্যাসীয় HNO_3	$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$
	উত্তপ্ত ও গাঢ় HNO_3	$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$
	শীতল ও মধ্যম লঘু HNO_3 (1 : 1)	$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$
	শীতল ও লঘু HNO_3	$4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$
Zn	উত্তপ্ত ও গাঢ় HNO_3	$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$
	শীতল ও লঘু HNO_3	$3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$
	শীতল ও অতি লঘু HNO_3	$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$ বা $4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$
Fe	অতি গাঢ় HNO_3	বিক্রিয়াহীন : নিষ্ক্রিয় অবস্থা (Passivity)
	গাঢ় ও উত্তপ্ত HNO_3	$Fe + 4HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 2H_2O + NO$
	শীতল ও লঘু HNO_3	$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$
Hg	উত্তপ্ত ও গাঢ় HNO_3	$Hg + 4HNO_3 = Hg(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$
	শীতল ও লঘু HNO_3	$6Hg + 8HNO_3 = 3Hg_2(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$
Sn	শীতল ও লঘু HNO_3	$4Sn + 10HNO_3 = 4Sn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$
	উত্তপ্ত ও গাঢ় HNO_3	$5Sn + 20HNO_3 = H_2Sn_5O_{11} . 4H_2O + 5H_2O + 20NO_2$
Ag	উত্তপ্ত ও লঘু HNO_3	$Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + H_2O + NO_2$
Mg	লঘু ও শীতল HNO_3	$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$

□ নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের নিরীক্ষা :

● নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণকে তামার কুচি ও গাঢ় H_2SO_4 দিয়া উত্তপ্ত করিলে NO_2 গ্যাসের বাদামী ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

● নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের সহিত গাঢ় H_2SO_4 যোগ করিয়া মিশ্র দ্রবণে সাবধানে লঘু ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$) দ্রবণ যোগ করিলে, দুইটি দ্রবণের সংযোগ স্থলে একটি সূক্ষ্ম বাদামী বর্ণের বলয় উৎপন্ন হয়। পরীক্ষাটির নাম—**বলয়-পরীক্ষা** (**ring test**)।

$$2HNO_3+3H_2SO_4+6FeSO_4=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$

$$FeSO_4+NO \rightleftharpoons \underset{\text{বাদামী বর্ণের যৌগ}}{[FeSO_4]\,[NO]}$$

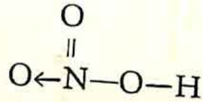
● ব্রুসিনের (Brucine) সহিত গাঢ় H_2SO_4 দ্রবণে নাইট্রেট লবণ বা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে, বর্ণ গোলাপী হয়।

● নাইট্রেট লবণকে Zn ও গাঢ় NaOH দ্রবণযোগে উত্তপ্ত করিলে, তীব্রগন্ধী অ্যামোনিয়া (NH_3) গ্যাস উৎপন্ন হয়।

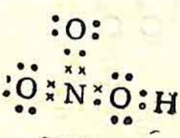
$$NaNO_3+4Zn+7NaOH=NH_3+4Na_2ZnO_2+2H_2O$$

□ ব্যবহার : ● পরীক্ষাগারে নানা বিক্রিয়ায় বিক্রিয়করূপে, ● বিস্ফোরক পদার্থসমূহ যেমন নাইট্রোগ্লিসারিন, ট্রাইনাইট্রোটলুইন (T. N. T.), পিক্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি প্রস্তুতিতে, ● সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে, ● কয়লাজাত আলকাতরা হইতে রঞ্জক প্রস্তুতিতে, ● সার উৎপাদনে, ● ধাতুশিল্পে, ● সেলুলয়েড, কলোডিয়ন, সেলোফেন, রেয়ন, পালিশ, নাইট্রোসেলুলোজ প্রভৃতি প্রস্তুতিতে,—নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

সংযুতি : রেখাসংকেত :



ইলেকট্রনীয় সংকেত :



ফসফোরাস অ্যাসিড (H_3PO_3)

ফসফোরাসের গুরুত্বপূর্ণ অক্সিঅ্যাসিড দুইটি :—ফসফোরাস অ্যাসিড (H_3PO_3) ও ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)। ইহারা যথাক্রমে P_2O_3 ও P_2O_5 নিরুদক হইতে উৎপন্ন হয়।

☐ ফসফোরাস অ্যাসিডের প্রস্তুতি :

● ফসফোরাস ট্রায়ক্সাইডকে শীতল জলে দ্রবীভূত করিলে ফসফোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$

● ফসফোরাস ট্রাইক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষ হইতেই সাধারণত ফসফোরাস অ্যাসিড প্রস্তুত হয়। $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$

বিক্রিয়ার শেষে, মিশ্রণটিকে 180°C উত্তপ্ত করিলে, উৎপন্ন HCl,—দ্রবণ হইতে বাষ্পীভূত হইয়া যায় ও দ্রবণ হইতে ফসফোরাস অ্যাসিড কঠিন কেলাসিত পদার্থরূপে পাওয়া যায়।

☐ ফসফোরাস অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—ইহা একটি সাদা কঠিন কেলাসিত পদার্থ। গলনাংক 70°C। ইহা জলে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহার অণুর গঠনে তিনটি পরমাণু থাকিলেও ইহার জলীয় দ্রবণ একটি দ্বি-ক্ষারীয় অম্ল এবং দুইটি শ্রেণীর ফসফাইট লবণ,—NaH_2PO_3 এবং Na_2HPO_3 উৎপন্ন করে।

$$H_3PO_3+NaOH=NaH_2PO_3+H_2O$$
$$H_3PO_3+2NaOH=Na_2HPO_3+2H_2O$$

ইহার লবণগুলি Zn ও লঘু অম্লের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফসফিন উৎপন্ন করে।

$$H_3PO_3+6H=PH_3+3H_2O.$$

● ইহা 200°C উষ্ণতায় বিযোজিত হইয়া ফসফিন ও ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $4H_3PO_3=PH_3+3H_3PO_4$

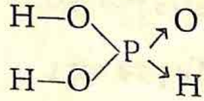
● ইহা তীব্র বিজারক পদার্থ; Cu, Ag ও Hg লবণের দ্রবণ হইতে ইহা ধাতুগুলিকে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$H_3PO_3+2AgNO_3+H_2O=H_3PO_4+2HNO_3+2Ag$$
$$\left.\begin{array}{l}2HgCl_2+H_2O+H_3PO_3=Hg_2Cl_2+H_3PO_4+2HCl\\ Hg_2Cl_2+H_3PO_3+H_2O=2Hg+2HCl+H_3PO_4\end{array}\right\}$$

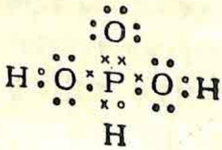
● ইহা PCl_5-এর সহিত বিক্রিয়ায় ফসফোরাস ট্রাইক্লোরাইড ও ফসফোরাস অক্সিক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$H_3PO_3+3PCl_5=PCl_3+3POCl_3+3HCl.$$

গঠন সংকেত : রেখা সংকেত :



ইলেকট্রনীয় সংকেত :



ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)

ফসফোরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5) নিরুদক হইতে জলের বিক্রিয়ায় জলের পরিমাণ ভেদে তিনটি ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়—

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 \quad \text{(মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড)}$$

$$P_2O_5 + 2H_2O = H_4P_2O_7 \quad \text{(পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড)}$$

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4 \quad \text{(অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড)}$$

এইগুলির মধ্যে অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিডকেই,—ফসফোরিক অ্যাসিড বলিয়া সাধারণত অভিহিত করা হয় ও এই অ্যাসিডটিই নানা ক্ষেত্রে বহুল ব্যবহৃত হয়।

☐ ফসফোরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি :

● ফসফোরাস পেন্টক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

● আয়োডিন অনুঘটকের সান্নিধ্যে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের (ঘনাংক 1·2) সহিত লাল ফসফোরাস বিক্রিয়া করিলে, দ্রবণে ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O.$$

দ্রবণটি 180°C উষ্ণতার মধ্য বাষ্পীভবন করিলে কঠিন কেলাসিতরূপে ফসফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

● শিল্প প্রস্তুতির ক্ষেত্রে ইহা অস্থিভস্ম বা ক্যালসিয়াম ফসফেটের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4.$$

অন্য প্রক্রিয়ায়, ফসফোরাসের শিল্পপ্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত তড়িৎচুল্লীতে কোক ব্যবহার না করিয়া কেবলমাত্র ক্যালসিয়াম ফসফেট ও সিলিকার মিশ্র তীব্র উত্তপ্ত করিলে, ফসফোরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন হয়; উৎপন্ন গ্যাসীয় ফসফোরাস পেন্টক্সাইডকে জলে সোজাসুজি দ্রবীভূত করিলে ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

☐ ফসফোরিক অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌতধর্ম—ইহা একটি বর্ণহীন জলাকর্ষী কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাংক 42°C। ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। ঘন দ্রবণে (85%) ইহা সিরাপের ন্যায় গাঢ়। এরূপ দ্রবণকে **ফসফোরিক অ্যাসিড সিরাপ** (syrupy phasphoric acid) বলা হয়। ইহার ঘনাংক 1·7।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা একটি ত্রি-ক্ষারীয় অম্ল এবং তিনটি স্তরে ক্ষারকে প্রশমিত করিয়া তিনটি শ্রেণীর ফসফেট লবণ উৎপাদন করে।

$$H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$$
মনোসোডিয়াম ডাইহাইড্রোজেন ফসফেট

$$H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$$
ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট

$$H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O*$$
ট্রাইসোডিয়াম ফসফেট

● ফসফোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে প্রথম পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড, পরে আরও উত্তাপে মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড পরিণত হয়।

$$2H_3PO_4 \overset{213^\circ}{=} H_4P_2O_7 + H_2O$$

$$H_3PO_4 \overset{316^\circ}{=} HPO_3 + H_2O$$

□ ফসফোরিক অ্যাসিড ও ফসফেট লবণের নিরীক্ষা :

ফসফোরিক অ্যাসিড ও ফসফেট লবণগুলি দ্রবণে—

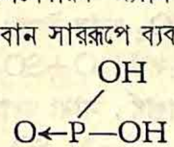
● ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত একটি রক্তাভ পীতবর্ণের অধঃক্ষেপ $FePO_4$ উৎপন্ন করে।

● গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম মলিবডেট (ammonium molybdate) দ্রবণের সহিত, বাসন্তী-হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

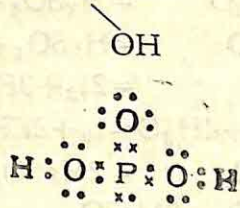
● সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ Ag_3PO_4 উৎপন্ন করে।

□ ব্যবহার : ● পরীক্ষাগারে ফসফোরিক অ্যাসিড নানা রাসায়নিক পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়। ● ফসফেট লবণগুলি, মূল্যবান সাররূপে ব্যবহার হয়।

গঠন সংকেত : রেখা সংকেত :



ইলেকট্রনীয় সংকেত :



*ফসফোরিক অ্যাসিডকে কষ্টিক সোডা যোগে প্রশমন কালে মিথাইল রেড (methyl red) নির্দেশক ব্যবহার করিলে, যখন নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন হয় তখন প্রথম স্তরের প্রশমন সূচিত করে ; একই প্রশমনে ফিনল্প্থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করিলে, উহার যখন বর্ণ পরিবর্তন ঘটে তখন দ্বিতীয় স্তরের প্রশমন সূচিত করে তৃতীয় স্তরের প্রশমনের জন্য যোগ্য নির্দেশক নাই।

সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3)

সালফারের গুরুত্বপূর্ণ অক্সিঅ্যাসিড দুইটি—সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) ও সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)। ইহারা যথাক্রমে SO_2 ও SO_3 নিরুদক হইতে জলের সংযোগে উৎপন্ন হয়।

সালফিউরাস অ্যাসিডের লবণগুলি—সালফাইট ও বাইসালফাইট স্থায়ী হইলেও, সালফিউরাস অ্যাসিড অস্থায়ী অ্যাসিড ; কেবলমাত্র দ্রবণে ইহা বর্তমান থাকে ; দ্রবণ হইতে ইহাকে পৃথক করা যায় না।

□ সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি ঃ

● সালফার ডায়ক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করিলে, দ্রবণে লঘু সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

● সালফাইট বা বাইসালফাইট লবণগুলির শীতল দ্রবণে লঘু অ্যাসিড যোগ করিলে, দ্রবণে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2SO_3$$
$$Ca(HSO_3)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2SO_3$$

□ সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ

ইহা অস্থায়ী অ্যাসিড ও বিশুদ্ধাকারে পাওয়া সম্ভব নয় বলিয়া ইহার ভৌতধর্মগুলি পরীক্ষা করা যায় না। ইহাকে SO_2 গ্যাসের জলীয় দ্রবণ বলিয়াই গণ্য করা যায়।

● উত্তপ্ত করিলে ইহা SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_3 \rightleftharpoons H_2O + SO_2$$

● ইহা তীব্র বিজারক পদার্থ ; নানা পদার্থকে ইহা বিজারিত করে।

$$H_2SO_3 + Cl_2 + H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$$
$$H_2SO_3 + I_2 + H_2O = H_2SO_4 + 2HI$$
$$H_2SO_3 + 4HI = 2I_2 + 3H_2O + S\downarrow$$
$$2KIO_3 + 5H_2SO_3 + 4H_2O = I_2 + 2KHSO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O$$
$$2KMnO_4 + 5H_2SO_3 = 2MnSO_4 + 2KHSO_4 + H_2SO_4 + 3H_2O$$
$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2SO_3 + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O$$
$$2FeCl_3 + H_2SO_3 + H_2O = 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$
$$SO_2(\text{দ্রবণ}) + 2H_2S(\text{দ্রবণ}) = 2H_2O + 3S\downarrow$$

● সালফিউরাস অ্যাসিড, সালফার ডায়ক্সাইডের ন্যায় বিরঞ্জক পদার্থ। ইহার বিরঞ্জন ক্রিয়া যথেষ্ট স্থায়ী নয়।

● ইহা একটি মৃদু দ্বি-ক্ষারীয় অম্ল ; প্রশমন ক্রিয়ায় ইহা বাইসালফাইট ও সালফাইট দুই শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_3 + NaOH = NaHSO_3 + H_2O$$
$$H\ SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O$$

মৃদু অম্লের লবণ বলিয়া এই লবণগুলির, জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষ ঘটে, ফলে দ্রবণগুলি মৃদু ক্ষারীয় দ্রবণের ধর্ম সম্পন্ন হয়।

□ সালফিউরাস অ্যাসিড ও সালফাইট লবণের নিরীক্ষা :

সালফিউরাস অ্যাসিড বা সালফাইট লবণের দ্রবণে—

● গাঢ় HCl যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে, কটুগন্ধী SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয় ; উহা অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$ সিক্ত কাগজকে সবুজ বর্ণ করে।

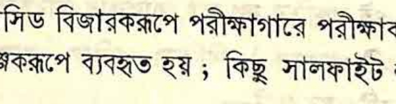
● অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ করিলে, উহা বর্ণহীন হয়।

● অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ যোগ করিলে, উহা সবুজ বর্ণ হয়।

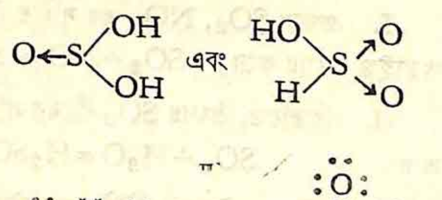
● $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করিলে, সাদা বেরিয়াম সালফাইটের ($BaSO_3$) অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ; ইহা HCl-এ দ্রাব্য।

□ ব্যবহার : ● সালফিউরাস অ্যাসিড বিজারকরূপে পরীক্ষাগারে পরীক্ষাকার্যে ব্যবহৃত হয়। ● সালফাইট লবণগুলি বিরঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয় ; কিছু সালফাইট লবণ ফটোগ্রাফিতেও ব্যবহৃত হয়।

গঠন সংকেত : রেখা সংকেত :



ইলেকট্রনীয় সংকেত :



সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)

রাসায়নিক নানা অ্যাসিডগুলির মধ্যে ইহার ব্যবহারই সর্বাধিক। প্রাচীন কাল হইতেই ইহার ধর্ম ও ব্যবহার পরিচিত। নানা গুরুত্বপূর্ণ শিল্পে ইহা ব্যবহৃত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের লবণরূপে নানা ধাতব সালফেট প্রাকৃতিক খনিজে বর্তমান থাকে।

☐ সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি :

● সালকার ট্রায়ক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

● সালফিউরাস অ্যাসিড বা সালফার ডায়ক্সাইডের জলীয় দ্রবণ বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃই জারিত হইয়া, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2SO_2+2H_2O+O_2=2H_2SO_4$$

● হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের সহিত SO_2-এর বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $SO_2+H_2O_2=H_2SO_4$

● শিল্প প্রস্তুতির ক্ষেত্রে, সালফার ডায়ক্সাইড হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হইয়া থাকে। ইহা দুইটি পদ্ধতিতে করা হয়।

(i) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (chamber process)।

(ii) সংস্পর্শ পদ্ধতি (contact process)।

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি—এককালে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে বহুল ব্যবহৃত হইলেও বর্তমানে পদ্ধতিটি প্রায় পরিত্যক্ত।

এই পদ্ধতির মূল সূত্র, সালফার ডায়ক্সাইড, নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও স্টীম একত্রে (একটি প্রকোষ্ঠে) বিক্রিয়া করিলে, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি কয়েকটি স্তরে ঘটে—

I. প্রথমে SO_2, NO_2-এর সহিত বিক্রিয়ার—সালফার ট্রায়ক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। $SO_2+NO_2=SO_3+NO$

II. দ্বিতীয়ত, উৎপন্ন SO_3 স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $SO_3+H_2O=H_2SO_4$

III. তৃতীয়ত, উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুযোগে পুনরায় নাইট্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত হয়। $2NO+O_2=2NO_2$

উৎপন্ন নাইট্রোজেন পারক্সাইড পুনরায় সালফার ডায়কসাইডকে জারিত করে ও বিক্রিয়াটি ক্রমান্বয়ে চলিতে থাকে।

এই বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন পারক্সাইড বস্তুত অক্সিজেন-বাহকের ভূমিকা গ্রহণ করে। বায়ুর অক্সিজেন সোজাসুজি SO_2 এর সহিত বিক্রিয়া না করিয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইডের মাধ্যমে SO_2-তে পৌঁছায় ও উহাকে জারিত করে।

(ii) **সংস্পর্শ পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিটির মূল সূত্র হইল SO_2 ও অক্সিজেন-মিশ্র উত্তপ্ত অনুঘটকের (প্লাটিনাম, প্লাটিনাম প্রলিপ্ত অ্যাসবেস্টস্, ভ্যানাডিয়াম-পেন্টক্সাইড প্রভৃতি) উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে জারণের ফলে সালফার ট্রায়কসাইড

উৎপন্ন হয় ; উৎপন্ন সালফার ট্রায়ক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$2SO_2+O_2 \underset{\text{অনুঘটক}}{\overset{\text{উত্তপ্ত}}{=}} 2SO_3 \quad ; \quad 2SO_3+2H_2O=2H_2SO_4$$

এই পদ্ধতিটিই বর্তমানে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে বেশী ব্যবহৃত হয়। বিস্তৃত বিবরণের জন্য সপ্তদশ অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

□ সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম—বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, তৈলের ন্যায় ঘন পদার্থ। ইহা শীতল করিলে কঠিন সাদা কেলাস উৎপন্ন করে ; গলনাংক 10·5°C। তরল সালফিউরিক অ্যাসিডের (98·3%) স্ফুটনাংক 338°C ; ইহার ঘনাংক 1·84। বিশুদ্ধ অ্যাসিড তড়িৎ অপরিবাহী ; কিন্তু সামান্য জল যোগ করিলেই ইহা তড়িৎপরিবাহী হইয়া ওঠে ও আয়নিত হয়। $H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$

লঘু দ্রবণে— $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$

জলে ইহা সর্বমাত্রায় দ্রাব্য ও জলে গাঢ় H_2SO_4-এর দ্রবীভবন কালে প্রভূত তাপ উৎপন্ন হয়*। ইহা তীব্র জলাকর্ষী পদার্থ বলিয়া শুষ্কীকরণে বহুল ব্যবহৃত হয়। ইহা একটি ক্ষয়কারী (corrosive) পদার্থ এবং ইহা জৈব ও উদ্ভিদ কোষ বিনষ্ট করে।

রাসায়নিক ধর্ম—● উত্তাপে ইহা বিযোজিত হইতে থাকে ও গাঢ় ধোঁয়ার ন্যায় সালফার ট্রায়ক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_4=H_2O+SO_3\uparrow$$

তীব্র উত্তাপে ইহা SO_2, O_2 ও স্টীম উৎপন্ন করে।

$$2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+O_2$$

এই বিক্রিয়াটি হইতে প্রমাণিত হয় যে H_2SO_4-এ অক্সিজেন আছে।

● আর্দ্র পদার্থকে শোষকাধারে (dessicator) ইহার সন্নিকটে রাখিলে, ইহার জলের প্রতি আকর্ষণ অত্যধিক বলিয়া, আর্দ্র পদার্থের জল শোষণ করিয়া লয় ও পদার্থটি শুষ্ক হইয়া যায়।

নানা জৈব পদার্থের অণু হইতে ইহা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুকে জলরূপে আকর্ষণ ও শোষণ করে এবং নানা জৈব পদার্থ ইহার সহিত উত্তাপে বিক্রিয়ায় অন্য পদার্থে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{ইক্ষু শর্করা}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2SO_4 = \underset{\text{অঙ্গার}}{12C}+(11H_2O+H_2SO_4)$$

$$\underset{\text{অক্জ্যালিক অ্যাসিড}}{H_2C_2O_4} + H_2SO_4 = CO_2+CO+(H_2O+H_2SO_4)$$

$$\underset{\text{ফর্মিক অ্যাসিড}}{HCOOH} + H_2SO_4 = CO+(H_2O+H_2SO_4)$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} + H_2SO_4 = \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4}+(H_2O+H_2SO_4)$$

* প্রকৃতপক্ষে দ্রবণের কালে কয়েকটি সোদক $H_2SO_4.nH_2O(n=1, 2, 4)$ উৎপন্ন হয়।

● ইহা একটি দ্বি-ক্ষারীয় অম্ল এবং বিভিন্ন ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত প্রশমন ক্রিয়ায় ইহা দুই শ্রেণীর লবণ (i) শমিত সালফেট লবণ (SO_4^{--}) ও (ii) অর্ধশমিত বাইসালফেট লবণ (HSO_4^-) উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_4+NaOH=NaHSO_4+H_2O$$
$$H_2SO_4+2NaOH=Na_2SO_4+2H_2O$$
$$CaO+H_2SO_4=CaSO_4+H_2O$$
$$FeO+H_2SO_4=FeSO_4+H_2O$$

সালফেট লবণগুলির মধ্যে Ca, Ba, Sr ও Pb-এর লবণগুলি জলে অদ্রাব্য, বাকী সালফেট লবণগুলি দ্রাব্য (যেমন Hg, Cu, Ag, Zn, প্রভৃতি)।

● গাঢ় H_2SO_4 উচ্চ তাপে একটি তীব্র জারক পদার্থ।

(i) নানা ধাতুর সহিত, বিক্রিয়ায় উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4 ধাতব সালফেট ও SO_2 উৎপন্ন করে।

$$Cu + 2H_2SO_4=CuSO_4 + SO_2+2H_2O$$
$$Pb + 2H_2SO_4=PbSO_4 + SO_2+2H_2O$$

(ii) নানা অধাতুর সহিত উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় অধাতুটি জারিত হয় ও SO_2 উৎপন্ন হয়।

$$S+2H_2SO_4 =2H_2O + 3SO_2$$
$$C+2H_2SO_4 =CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$
$$2P+3H_2SO_4=2H_3PO_3+3SO_2$$

(iii) গাঢ় H_2SO_4 উচ্চ তাপে HBr এবং HI-কে জারিত করে।

$$2HBr+H_2SO_4 = Br_2+SO_2+2H_2O$$
$$2HI+H_2SO_4 = I_2+SO_2+2H_2O$$

● লঘু H_2SO_4 তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে হাইড্রোজেনের ঊর্ধ্বে অবস্থিত প্রায় সকল ধাতুর সহিত (লেড বাদে) বিক্রিয়া করিয়া ধাতব সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$
$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

● তীব্র অম্ল বলিয়া ইহা কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণ হইতে CO_2, নাইট্রাইট লবণ হইতে NO এবং NO_2, সালফাইট লবণ হইতে SO_2 ইত্যাদি বিমুক্ত করে।

$$Na_2CO_3+H_2SO_4 = Na_2SO_4+CO_2+H_2O$$
$$Na_2SO_3+H_2SO_4 = Na_2SO_4+SO_2+H_2O$$

● ইহা কম উদ্বায়ী বলিয়া, অধিক উদ্বায়ী অম্লগুলির (HCl, HNO_3) লবণ হইতে অধিক উদ্বায়ী অম্লগুলিকে প্রতিস্থাপিত করে।

$$NaCl +H_2SO_4 = NaHSO_4+HCl$$
$$NaNO_3 +H_2SO_4 = NaHSO_4+HNO_3$$

● তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে—সর্ত ও গাঢ়তা অনুযায়ী H_2SO_4 নানা পদার্থ উৎপাদন করে। যেমন—

(i) H_2 ও O_2 (জলের অধ্যায় দ্রষ্টব্য)

(ii) ওজোনযুক্ত অক্সিজেন (ওজোনের অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

(iii) পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিড (হাইড্রোজেন পারক্সাইডের অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

□ সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেট লবণের নিরীক্ষা ঃ

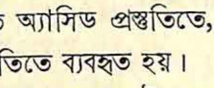
সালফিউরিক অ্যাসিডকে কপার কুচিসহ উত্তপ্ত করিলে, SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে ; এই গ্যাসের গন্ধ পোড়া গন্ধকের ন্যায় ও উহার সংস্পর্শে অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$ সিক্ত কাগজ সবুজ বর্ণ হয়।

● সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেটের জলীয় দ্রবণে $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করিলে সাদা বেরিয়াম সালফেটের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় ; ইহা জল ও বিভিন্ন অ্যাসিড অদ্রাব্য।

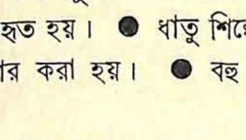
□ সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ

● বহু রাসায়নিক পদার্থের উৎপাদনে ইহা কাঁচামাল রূপে ব্যবহৃত হয়। বস্তুত 'সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহারের পরিমাণ হইতে একটি দেশের শিল্প-প্রগতি নির্ধারিত হয়'। ● ইহা HCl, HNO_3 প্রভৃতি অ্যাসিড প্রস্তুতিতে, রঞ্জক প্রস্তুতিতে, নানা প্রলেপ বর্ণ উৎপাদনে, বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ● বহু সালফেট লবণ ও ফটকিরি, সুপারফসফেট অফ্ লাইম সার, গ্লুকোজ উৎপাদন ইত্যাদিতে ইহা ব্যবহার হয়। ● পেট্রোলিয়াম শোধনে ইহা ব্যবহৃত হয়। ● ধাতু শিল্পে, গ্যালভানাইজ করার কাজে, ব্যাটারি প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার করা হয়। ● বহু জৈব যৌগের সংশ্লেষণে ইহা ব্যবহৃত হয়।

গঠন সংকেত ঃ রেখা সংকেত ঃ



ইলেকট্রনীয় সংকেত ঃ



প্রশ্নাবলী

1. নাইট্রাস অ্যাসিডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। জারক ও বিজারক পদার্থরূপে নাইট্রাস অ্যাসিডের কয়েকটি বিক্রিয়া সমীকরণযোগে বিবৃত কর। নাইট্রাইট লবণ ও নাইট্রাস অ্যাসিডের দুইটি নিরীক্ষা লিখ নাইট্রাস অ্যাসিডের রেখা সংকেত কি ?

2. (i) পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য কি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়? বিভিন্ন অবস্থায় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত নিম্নোক্ত ধাতু ও অধাতুগুলির বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ:

S, P, C, I_2, Cu, Zn, Fe.

(ii) টীকা লিখ: অ্যাকোয়া রিজিয়া, বলয় পরীক্ষা, নাইট্রেট লবণের নিরীক্ষা।

3. ফসফোরাস ও ফসফোরিক অ্যাসিডের একটি সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর। উহাদের রেখাসংকেত কি কি? ফসফেট লবণের একটি নিরীক্ষা লিখ।

4. সালফিউরাস অ্যাসিডের সহিত নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়া সমীকরণ যোগে বিবৃত কর:

Cl_2, HI, KIO_3, $FeCl_3$, H_2S, NaOH.

5. সালফাইট লবণগুলির দুইটি নিরীক্ষা বর্ণনা কর। সালফিউরাস অ্যাসিড ও সোডিয়াম বাই-সালফাইটের রেখাসংকেত লিখ।

6. (i) 'প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে' সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদনের ক্ষেত্রে যে বিক্রিয়াগুলি ঘটে উহাদের সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়া সমীকরণযোগে বিবৃত কর—

S, C, P, Cu, Pb, $NaNO_3$

(ii) সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণে, কোন কোন সর্তে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয়?

7. সালফেট লবণের নিরীক্ষা কি? সালফিউরিক অ্যাসিডের রেখাসংকেত কি? সালফিউরিক অ্যাসিডের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

হাইড্রাইড যৌগ সমূহ

অ্যামোনিয়া—ফসফিন—সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন—
হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড।

অ্যামোনিয়া (NH_3)

হাইড্রোজেনের সহিত নাইট্রোজেনের উৎপন্ন যৌগগুলির* মধ্যে অ্যামোনিয়া সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। বহু রাসায়নিক শিল্পে ও সার শিল্পে, এবং পরীক্ষাগারে নানা পরীক্ষায় ইহার প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ প্রয়োগ হয়।

প্রাকৃতিক ভাবে অ্যামোনিয়া বায়ু ও জলে সামান্য পরিমাণে বর্তমান থাকে। উদ্ভিদ ও জৈবদেহের নানা পরিত্যক্ত পদার্থ হইতে ও পচনজাত পদার্থ হইতে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। এই অ্যামোনিয়া মৃত্তিকার অ্যামোনিয়াম লবণরূপে সঞ্চিত হয় ও উদ্ভিদ খাদ্যরূপে গৃহীত হয়।

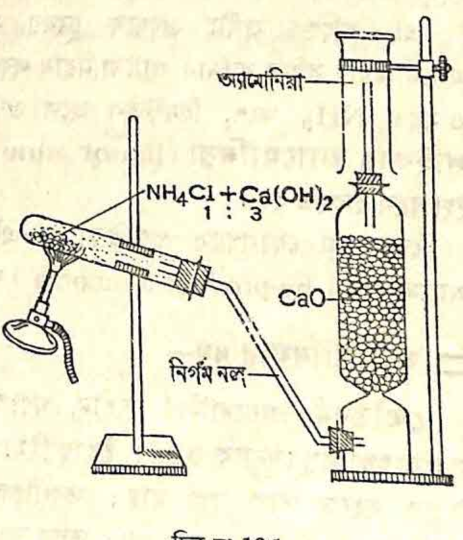
□ অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি :

অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি সাধারণত নিম্নলিখিত উপাদানগুলি হইতে করা হয়—(i) অ্যামোনিয়াম লবণ, (ii) বিভিন্ন নাইট্রোজেন যৌগ, (iii) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্র ও (iv) কয়লা।

● অ্যামোনিয়া মৃদু ক্ষারীয় ধর্মযুক্ত। সেজন্য ইহার লবণগুলিকে তীব্র ক্ষারের সহিত উত্তপ্ত করিলে, অ্যামোনিয়া বিশ্লিষ্ট ও উৎপন্ন হয়।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি : ● পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির জন্য একটি শক্ত কাচ নলের মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও কলিচুনের [slaked lime : $Ca(OH)_2$] একটি মিশ্র (1 : 3) লইয়া বার্নার যোগে তীব্র উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গম-নল পথে বাহির হয়; নির্গত গ্যাসকে একটি পাথুরে চুনপূর্ণ (CaO) স্তম্ভের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া শুষ্ক † করা হয় ও একটি উপুড় করা গ্যাসজারে বায়ুর নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। ইহা জলে অতি দ্রাব্য বলিয়া জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যায় না (চিত্র নং 16·1)।



চিত্র নং 16·1

---

* অ্যামোনিয়া (NH_3), হাইড্রাজিন (N_2H_4) ও হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড (N_3H)।

† ক্ষারধর্মী বলিয়া ইহাকে অম্লধর্মী শোষক গাঢ় H_2SO_4 ও P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করা যায় না, অনার্দ্র $CaCl_2$-এর সহিত ইহা সংযুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে বলিয়া, তাহার দ্বারাও শুষ্ক করা যায় না।

● বিভিন্ন নাইট্রোজেন যৌগ হইতেও বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়—

(i) নাইট্রোজেন বা নাইট্রাইটের বিজারণ—

$$NaNO_3+8H=NaOH+2H_2O+NH_3$$
$$NaNO_2+6H=NaOH+H_2O+NH_3$$

(ii) নাইট্রাইড লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষ—

$$Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$$
$$AlN+3NaOH=Al(ONa)_3+NH_3.$$

● নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রকে (1 : 3) উচ্চচাপে (200 বায়ুচাপে) ও উচ্চতাপে ($500^\circ-550^\circ C$) অনুঘটকের উপর চালিত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$N_2+3H_2=2NH_3$$

বিক্রিয়াটিতে অনুঘটকরূপে প্লাটিনাম বা আয়রন চূর্ণ ব্যবহৃত হয়।

এই পদ্ধতিটিকে **হেবারের অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ পদ্ধতি** (**Haber's Synthetic process of Ammonia**) বলা হয় ও এই পদ্ধতিটিই বর্তমানে অ্যামোনিয়ার শিল্পপ্রস্তুতিতে সর্বত্র ব্যবহৃত হয়। (বিস্তৃত বিবরণ পরবর্তী অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।)

● কয়লা উদ্ভিদ দেহের রূপান্তরিত অবশেষ। ইহার মধ্যে C, H, N, O মূল উপাদানরূপে থাকে। কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের সময় উহার H ও N অংশ সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া তৈরী করে; ইহা অ্যামোনিয়াম লবণের সহিত দ্রবণরূপে পাওয়া যায়।

এই অবিশুদ্ধ জলীয় দ্রবণকে চুনের সহিত মিশ্রিত করিয়া স্ফুটন করিলে—অ্যামোনিয়ার সহিত বর্তমান অ্যামোনিয়াম লবণগুলি বিযোজিত হইয়া NH_3 উৎপন্ন করে ও সমগ্র NH_3 অংশ, হিমশীতল জলে দ্রবীভূত করিয়া গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ বা **লাইকার অ্যামোনিয়া** (**liquor ammonia**) পাওয়া যায়। শিল্পে ও পরীক্ষাগারে ইহা বহুল ব্যবহৃত হয়।

কোক বা কোলগ্যাস প্রস্তুতিকালে—এইরূপে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে 'সহোৎপন্ন অ্যামোনিয়া' (by-product ammonia) বলা হয়।

□ অ্যামোনিয়ার ধর্ম—

ভৌতধর্ম—অ্যামোনিয়া বর্ণহীন, ক্ষারস্বাদ ও ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা লঘু (ঘনাংক 8·5)। ইহার হিমাংক $-33{\cdot}5^\circ C$ ও স্ফুটনাংক $-77{\cdot}7^\circ C$। ইহাকে সহজে তরল করা যায়; তরলীকৃত অ্যামোনিয়াকে **তরল অ্যামোনিয়া** (**liquid ammonia**) বলা হয়; তরল অ্যামোনিয়া উৎকৃষ্ট হিমায়ক।

ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য; 0° উষ্ণতায় 1 আয়তন জল 1150 আয়তন অ্যামোনিয়াকে দ্রবীভূত করে। সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রবীভূত অ্যামোনিয়ার মাত্রা 47%। লাইকার অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত অ্যামোনিয়ার মাত্রা প্রায় 36%।

রাসায়নিক ধর্ম—● অ্যামোনিয়া দাহ্যও নয়, দহন সহায়কও নয়। ইহার বায়ুতে দহন ঘটে না কিন্তু বিশুদ্ধ অক্সিজেনে ইহা সবুজাভ হলুদ শিখাসহ জ্বলিয়া থাকে।

$$4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$$

● উচ্চতাপে অনুঘটকের সান্নিধ্যে ইহা অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$4NH_3+5O_2 \underset{500°C}{\overset{\text{Pt অনুঘটক}}{=}} 4NO+6H_2O.$$

● উচ্চচাপে বা তড়িৎযোগে ইহার উপাদান মৌল দুটিতে বিয়োজন ঘটে।

$$2NH_3 \underset{\text{বা তাপ}}{\overset{\text{তড়িৎ}}{=}} N_2+3H_2$$

ইহা মৃদু ক্ষার-ধর্মী গ্যাস; জলের সহিত দ্রাব্য হইয়া ইহা মৃদু ক্ষার অ্যামোনিয়াম হাইড্রকসাইড (NH_4OH) উৎপন্ন করে। ইহা জলে আয়নিত হইয়া OH^- আয়ন উৎপন্ন করে, ফলে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ নানা নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন করে, যেমন লাল লিটমাস নীল হয়, ফিনলপথ্যালিন গোলাপী হয় ইত্যাদি।

$$NH_3+H_2O=NH_4OH$$
$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4{}^++OH^-$$

● অ্যামোনিয়া ক্ষারধর্মী গ্যাস বলিয়া নানা অম্লকে প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়াম শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে (অ্যামোনিয়াম লবণগুলির ক্যাটায়ন $NH_4{}^+$—ইহা Na^+, K^+ প্রভৃতির সহিত নানা ধর্মে তুলনীয়)—

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$
$$NH_3 + H_2SO_4 = NH_4.H.SO_4$$
$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$
$$NH_3 + HX = NH_4X \quad (X=\text{অ্যাসিডমূলক})$$

এই বিক্রিয়াগুলি অ্যামোনিয়ার দ্রবণেও ঘটে।

● বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ মিশ্রিত করিলে—

(i) ধাতুগুলির অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$FeCl_3+3NH_4OH=Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$ [বাদামী অধঃক্ষেপ]

$Al(NO_3)_3+3NH_4OH=Al(OH)_3\downarrow+3NH_4NO_3$ [সাদা অধঃক্ষেপ]

$MgSO_4+2NH_4OH=Mg(OH)_2+(NH_4)_2SO_4$ [সাদা অধঃক্ষেপ]

(ii) কোন কোন ধাতুর লবণের ক্ষেত্রে প্রথমে অ্যামোনিয়া দ্রবণ—অদ্রাব্য

হাইড্রক্সাইড (বা অদ্রাব্য ক্ষারীয় লবণ) উৎপন্ন করে, পরে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে উহা 'জটিল লবণে' (complex salts) পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হয়।

$$\left\{\begin{array}{l} 2CuSO_4+2NH_4OH=\underset{\text{ক্ষারীয় কপার সালফেট (অদ্রাব্য) ফিকা নীল অধঃক্ষেপ}}{CuSO_4.Cu(OH)_2}+(NH_4)_2SO_4 \\ CuSO_4.Cu\,OH)_2+(NH_4)_2SO_4+6NH_4OH \\ \qquad =\underset{\text{টেট্রামিন কিউপ্রিক সালফেট (দ্রাব্য) ঘন নীল দ্রবণ}}{2[Cu(NH_3)_4]SO_4}+8H_2O \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{l} 2AgNO_3+2NH_4OH=\underset{\text{হলুদ বর্ণের সিলভার অক্সাইড অধঃক্ষেপ}}{Ag_2O}+2NH_4NO_3+H_2O \\ Ag_2O+4NH_3+H_2O=\underset{\text{দ্রাব্য, বর্ণহীন, সিলভার অ্যামিন হাইড্রক্সাইড}}{2[Ag(NH_3)_2]OH} \end{array}\right.$$

[Co, Ni, Cr, Zn, Cd, Pt প্রভৃতি নানা ধাতুর লবণ অ্যামোনিয়ার সহিত অনুরূপভাবে জটিল যৌগ (complex compound) বা জটিল লবণ উৎপন্ন করে। এইগুলির নামকরণে সাধারণত 'অ্যামিন' (ammine) কথাটি যুক্ত করা হয়।

অ্যামোনিয়া অণু একটি উৎকৃষ্ট 'জটিল যৌগ গঠনকারী' (ligand) অণু।]

(iii) Hg-এর লবণগুলির সহিত অ্যামোনিয়া একটি পৃথক ও বিশিষ্ট বিক্রিয়া করে—

$$HgCl_2+NH_4OH=\underset{\text{অদ্রাব্য সাদা অধঃক্ষেপ}}{Hg.NH_2Cl}+HCl+H_2O$$

$$Hg_2Cl_2+NH_4OH=\underset{\text{অদ্রাব্য কৃষ্ণাভ অধঃক্ষেপ}}{HgNH_2Cl}+Hg+HCl+H_2O$$

● ইহা বিভিন্ন উত্তপ্ত ধাতুর সহিত বিভিন্ন বিক্রিয়া করে—

(a) $$2NH_3+2Na=\underset{\text{সোডামাইড}}{2NaNH_2}+H_2$$

$$2NH_3+2K=\underset{\text{পটাস অ্যামাইড}}{2KNH_2}+H_2$$

(b) $$3Mg+2NH_3=\underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড}}{Mg_3N_2}+3H_2$$

● ইহা মৃদু বিজারক পদার্থরূপে নানা পদার্থকে বিজারিত করে

$$2NH_3+3CuO\overset{\text{উত্তাপ}}{=}3Cu+N_2+3H_2O$$

$$\left\{\begin{array}{l} 2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl\,;\ 6HCl+6NH_3=6NH_4Cl \\ 2NH_3+6Cl_2=2NCl_3+6HCl \end{array}\right.$$

● তরল অ্যামোনিয়াতে, Na ও K ধাতু দ্রবীভূত হইয়া গাঢ় নীল দ্রবণ উৎপন্ন করে।

☐ অ্যামোনিয়ার নিরীক্ষা ঃ

● ইহার ঝাঁঝালো গন্ধ আছে ; লাল লিটমাস সিক্ত কাগজকে ইহা নীল করে।

● গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে ইহা সাদা ধোঁয়ার আকারে NH_4Cl উৎপন্ন করে। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$

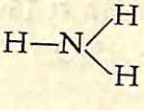
● মার্কিউরাস লবণের দ্রবণসিক্ত কাগজ ইহার সংস্পর্শে কালো হইয়া যায়।

● 'নেসলার দ্রবণে' (Nessler's solution) অতি অল্প পরিমাণে অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণ যোগ করিলে—বাদামী বর্ণ বা বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।*

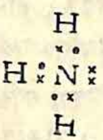
☐ ব্যবহার ঃ ● ইহা হিমায়করূপে, রেফ্রিজারেটারে ব্যবহৃত হয়। ● নানা রাসায়নিক শিল্পে—যেমন নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে (অস্টোয়াল্ড প্রণালী), সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতিতে (সলভে প্রণালী), ইউরিয়া ও অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রভৃতি নানা সার প্রস্তুতিতে, রেয়ন জাতীয় কৃত্রিম তন্তু প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। ● নানা অ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়াম লবণগুলির মধ্যে, অ্যামোনিয়াম সালফেটের—সাররূপে, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের—সার ও বিস্ফোরকরূপে, এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের—ধাতুশিল্পে ও ব্যাটারিতে ব্যবহার বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

গঠন সংকেত ঃ রেখা সংকেত ঃ



ইলেকট্রনীয় সংকেত ঃ



ফসফিন (PH_3)

ফসফোরাসের সহিত হাইড্রোজেনের উৎপন্ন যৌগগুলির মধ্যে † ফসফিনই উল্লেখযোগ্য যৌগ। ইহা নানাভাবে অ্যামোনিয়ার সহিত তুলনীয়।

জলাভূমিতে পচনশীল উদ্ভিদ ও জৈবকোষের ফসফোরাস হইতে সম্ভবত ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া পরে বায়ুতে উহার স্বতঃস্ফূর্ত দহন ঘটে ; ফলে 'আলেয়া'র আলোর (will-o'-the-wisp) বিভ্রম সৃষ্টি হয়।

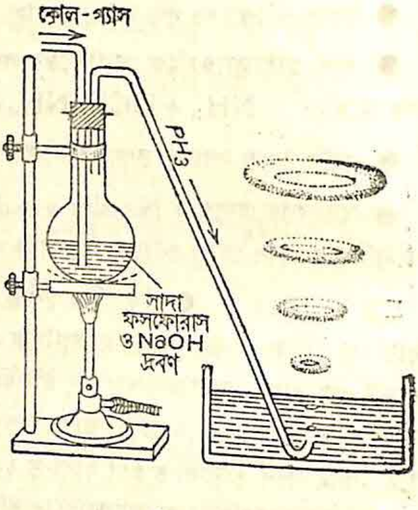
☐ ফসফিনের প্রস্তুতি ঃ

একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছু সাদা ফসফোরাস ও নাতিগাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণ লইয়া,

* পটাসিয়াম মার্কিউরিক আয়োডাইড $K_2[HgI_4]$ ও কষ্টিক পটাসের (KOH) মিশ্র দ্রবণকে নেসলার দ্রবণ (Nessler's solution) বলা হয়।

† PH_3 এবং P_2H_4

ফ্লাস্কে যুক্ত একটি আগম-নল যোগে কোল-গ্যাস চালিত করা হয়; কোল-গ্যাস দ্বারা ভিতরের বায়ু প্রতিস্থাপিত হইবার পর ফ্লাস্কটি বার্নার যোগে উত্তপ্ত করিলে ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম নলপথে বাহির হইয়া আসে। নির্গম নলটির প্রান্ত একটি জলপূর্ণ আধারের নিম্নে নিমজ্জিত রাখিলে জলের মধ্য হইতে ফসফিন গ্যাসের বুদ্বুদ উঠিতে থাকে ও বায়ুর সংস্পর্শে দহন ঘটিয়া ফসফোরাস পেণ্টক-সাইডের সাদা ধোঁয়ার অঙ্গুরী (rings) উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। ফ্লাস্কের দ্রবণে, সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফাইট উৎপন্ন হয় (চিত্র নং 16·2)।



চিত্র নং 16·2

$$P_4+3NaOH+3H_2O = \underset{\text{সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফাইট}}{3NaH_2PO_2} + PH_3$$

এইভাবে উৎপন্ন ফসফিন অবিশুদ্ধ; নানা কলুষপদার্থ (P_2H_4, H_2 প্রভৃতি) ইহাতে বর্তমান থাকে এবং এই কলুষপদার্থগুলির জন্যই ইহার দাহ্যতা দেখা যায়।

● ফসফোরাস অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ফসফিন উৎপন্ন হয়; এই ফসফিন দাহ্য নয়। $4H_3PO_3=PH_3+3H_3PO_4$

● ফসফোনিয়াম যৌগগুলি (phosphonium compouds) কষ্টিক সোডাসহ উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ফসফিন উৎপন্ন হয় (cf অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি)।

$$\underset{\text{ফসফোনিয়াম আয়োডাইড}}{PH_4I} + NaOH = PH_3+NaI+H_2O$$

● ফসফাইড যৌগের উপর অম্ল যোগে ফসফিন উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3P_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2PH_3$$
$$2AlP+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+2PH_3$$

☐ ফসফিনের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—ইহা বর্ণহীন, পচা আমিষ গন্ধযুক্ত, বিষাক্ত গ্যাস। ইহা নিম্ন উষ্ণতায় তরল হয়। গলনাংক 87°C। ইহা জলে ও অন্যান্য দ্রাবকে স্বল্প দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—● বিশুদ্ধ রূপে ইহা সাধারণ উষ্ণতায় দাহ্য নয়; অবিশুদ্ধ রূপে ইহা দাহ্য।

● ইহা 150°C উষ্ণতায় জ্বলিয়া ফসফোরাস পেন্টক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।

$$2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$$

● 440°C উষ্ণতায় বা তড়িৎ স্ফুলিংগ যোগে ইহা বিশ্লিষ্ট হয়।

$$2PH_3=2P+3H_2$$

● ইহার জলীয় দ্রবণে লিটমাস নীল বর্ণ হয় না ; অর্থাৎ জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় নয় (অ্যামোনিয়ার সহিত পার্থক্য)।

● গ্যাসীয় অবস্থায় ইহা মৃদু ক্ষারীয় ধর্ম প্রদর্শন করে ও বিভিন্ন অম্লকে প্রশমিত করিয়া ফসফোনিয়াম শ্রেণীর লবণ (অ্যামোনিয়াম লবণের ন্যায়) উৎপন্ন করে।

$$PH_3+HX=PH_4X \qquad [X=Cl, Br, I]$$

ফসফোনিয়াম লবণগুলি অস্থায়ী এবং জলের বা ক্ষারের সংস্পর্শে বিযোজিত হয়।

$$PH_4I \rightleftharpoons PH_3+HI$$

$$PH_4I + KOH=PH_3+KI+H_2O$$

● ইহা তীব্র বিজারক পদার্থরূপে নানা পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করে।

$$3CuSO_4+2PH_3 = \underset{\text{কালো অধঃক্ষেপ}}{Cu_3P_2} + 3H_2SO_4$$

$$PH_3+6AgNO_3+3H_2O = \underset{\text{কালো অধঃক্ষেপ}}{6Ag} +6HNO_3+H_3PO_3$$

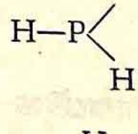
$$PH_3 + 3Cl_2 = PCl_3+3HCl$$

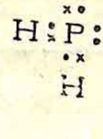
$$PH_3 + 4N_2O = H_3PO_4+4N_2$$

● ইহা ব্লিচিং পাউডারের জলীয় মিশ্রণে সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয়।

□ **নিরীক্ষা :** ● ইহার একটি নিজস্ব গন্ধ আছে। ● ইহা $CuSO_4$, $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে ধাতু বা ধাতব ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। ● ক্লোরিনের সংস্পর্শে ইহা জ্বলিতে থাকে।

□ **ব্যবহার :** ● ফসফোনিয়াম লবণগুলির প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

গঠন সংকেত : রেখা সংকেত : 

ইলেকট্রনীয় সংকেত : 

অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের তুলনা

- অ্যামোনিয়া ও ফসফিন উভয়েরই আণবিক সংকেত ও গঠন অনুরূপ। অ্যামোনিয়ার সংকেত—NH_3 ; ইহা সমযোজী যৌগ। ফসফিনের সংকেত—PH_3 ; ইহাও সমযোজী যৌগ।
- অ্যামোনিয়া ও ফসফিন অনুরূপ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়—

(i) অ্যামোনিয়াম লবণ, ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় NH_3 উৎপন্ন করে।

$$NH_4Cl + NaOH = NaCl + NH_3 + H_2O$$

ফসফোনিয়াম লবণ, ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় PH_3 উৎপন্ন করে।

$$PH_4I + NaOH = NaI + PH_3 + H_2O$$

(ii) নাইট্রোজেনের ধাতব যৌগ বা নাইট্রাইড আর্দ্রবিশ্লেষে NH_3 উৎপন্ন করে।

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$

ফসফোরাসের ধাতব যৌগ বা ফসফাইড আর্দ্রবিশ্লেষে PH_3 উৎপন্ন করে।

$$Mg_3P_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2PH_3.$$

- অ্যামোনিয়া বর্ণহীন, বায়ু অপেক্ষা লঘু, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, জলে অতি দ্রাব্য গ্যাস। ফসফিন বর্ণহীন, বায়ু অপেক্ষা ভারী, আমিষ গন্ধযুক্ত, জলে স্বল্প দ্রাব্য গ্যাস।
- অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (NH_4OH) ক্ষারীয়, লাল লিটমাস নীল করে। ফসফিনের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় নয়, লিটমাসের রঙ পরিবর্তন করে না।
- NH_3 ক্ষারীয় গ্যাস ; অম্লসমূহকে প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়াম লবণসমূহ উৎপন্ন করে। PH_3 মৃদু ক্ষারীয় গ্যাস ; অম্লসমূহকে প্রশমিত করিয়া ফসফোনিয়াম লবণসমূহ উৎপন্ন করে।

$$NH_3 + HX = NH_4X \text{ (অ্যামোনিয়াম লবণ)}$$

$$PH_3 + HX = PH_4X \text{ (ফসফোনিয়াম লবণ)} \quad [\, X = Cl, Br, I \,]$$

- NH_3 সহজ দাহ্য বা দহন সহায়ক নয় ; পর্যাপ্ত বায়ুতে তীব্র উত্তাপে উহার দহন ঘটে।

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

PH_3 সহজ দাহ্য কিন্তু দহন সহায়ক নয় ; বায়ুর সংস্পর্শে ইহার স্বতঃস্ফূর্ত দহন ঘটে।

$$2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O$$

- NH_3 ও PH_3 উভয়েই বিজারক ধর্ম সম্পন্ন।

$$2NH_3 + 3CuO = 3Cu + N_2 + 3H_2O$$

$$PH_3 + 6AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 6HNO_3 + H_3PO_3$$

- ক্লোরিনের সহিত উভয়েরই তীব্র বিক্রিয়া ঘটে।

$$8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$$

$$PH_3 + 4Cl_2 = PCl_5 + 3HCl$$

- অ্যামোনিয়া ও ফসফিন উভয়েই তড়িৎ স্ফুলিঙ্গযোগে মৌলগুলিতে বিযোজিত হয়।
- অ্যামোনিয়া বিষাক্ত গ্যাস নয়। ফসফিন বিষাক্ত গ্যাস।

সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বা হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)

সালফারের হাইড্রাইড রূপে হাইড্রোজেন সালফাইড একটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। আগ্নেয়গিরিজাত গ্যাসে এবং কোন কোন প্রাকৃতিক প্রস্রবণের জলে ইহার গ্যাসরূপে অস্তিত্ব দেখা যায়। জৈব ও উদ্ভিদ দেহ হইতে বিশেষ করিয়া পচনশীল অবস্থায় ইহার

উদ্ভব হয়। কাঁচা চামড়া, পচা ডিম প্রভৃতি হইতে হাইড্রোজেন সালফাইডের বিশেষ গন্ধ পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন সালফাইডের লবণরূপে নানা ধাতব সালফাইড, গুরুত্বপূর্ণ খনিজরূপে পাওয়া যায় ; যেমন, পাইরাইটিস (FeS_2), চ্যালকোপাইরাইটিস ($CuFeS_2$), জিংক ব্লেণ্ড (ZnS), গ্যালেনা (PbS) ইত্যাদি।

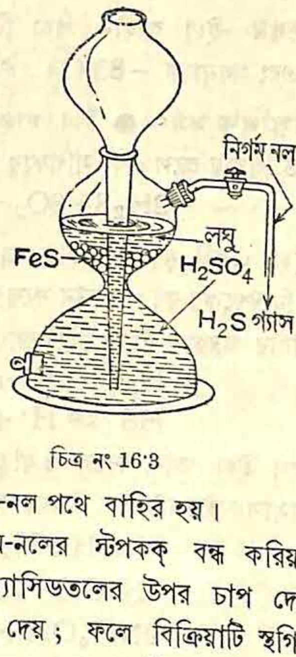
☐ হাইড্রোজেন সালফাইডের প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে, ফেরাস সালফাইডের উপর লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়া দ্বারা H_2S প্রস্তুত করা হয়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S.$$

উল্ফ বোতলে ফেরাস সালকাইডের টুকরা লইয়া, উহার উপর ফানেল যোগে লঘু H_2SO_4 যোগ করা হয় ; উৎপন্ন H_2S-কে একটি জলপূর্ণ বোতলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া পরে উহাকে উষ্ণজলের প্রতিস্থাপন দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

● পরীক্ষাগারে H_2S উৎপাদনের স্থায়ী উৎসরূপে **কিপ্‌স্ যন্ত্র** ব্যবহৃত হয় (চিত্র নং 16·3)। এই যন্ত্রের মধ্যম গোলকে FeS-র টুকরা লওয়া হয় ও প্রথম গোলক হইতে লঘু H_2SO_4 দ্রবণ যোগ-করা হয়। লঘু H_2SO_4 দ্রবণ প্রথম ও তৃতীয় গোলক পূর্ণ করিলে এবং পরে দ্বিতীয় গোলকের FeS-এর সংস্পর্শে আসিয়া H_2S উৎপন্ন করে। উৎপন্ন H_2S নির্গম-নল পথে বাহির হয়।



চিত্র নং 16·3

H_2S যখন ব্যবহৃত হয় না তখন নির্গম-নলের স্টপকক্ বন্ধ করিয়া দিলে, উৎপন্ন H_2S দ্বিতীয় গোলকে সঞ্চিত হইয়া অ্যাসিডতলের উপর চাপ দেয়, এবং উহাকে FeS-এর সংস্পর্শ হইতে বিচ্ছিন্ন করিয়া দেয় ; ফলে বিক্রিয়াটি স্থগিত হইয়া H_2S উৎপাদন বন্ধ থাকে। H_2S গ্যাসের আবার প্রয়োজন হইলে, স্টপকক্ খুলিয়া দেওয়া হয় ও চাপমুক্ত হইয়া অ্যাসিডতল আবার FeS-এর সংস্পর্শে আসে ও H_2S গ্যাসের উৎপাদন চলিতে থাকে*।

* H_2S-এর পরীক্ষাগারে প্রস্তুতিতে FeS-এর সহিত বিক্রিয়ার জন্য লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করাই বাঞ্ছনীয়। HNO_3 এই বিক্রিয়ায় ব্যবহার্য নয় কারণ ইহা জারক পদার্থ এবং উৎপন্ন H_2S বিজারক পদার্থ বলিয়া পারস্পরিক বিক্রিয়া ঘটে—$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S$। HCl এই বিক্রিয়ায় ব্যবহার হয় না কারণ ইহা যথেষ্ট সুলভ নয় এবং ইহা ব্যবহার করিলে প্রথমে উৎপন্ন $FeCl_2$ ($FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$) বায়ুতে সহজেই জারিত হইয়া $FeCl_3$ হয় ; $2FeCl_2 + 2HCl + O = 2FeCl_3 + H_2O$) এবং উৎপন্ন $FeCl_3$ তখন H_2S-কে জারিত করিয়া থাকে—$H_2S + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + 2HCl + S$।

● পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ অ্যান্টিমনি সালফাইডের (Sb_2S_3) উপর উত্তপ্ত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ H_2S উৎপন্ন হয়।

$$Sb_2S_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2S$$

উৎপন্ন H_2S-কে জলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া HCl মুক্ত করা হয় ; পরে উহাকে P_2O_5-এর মধ্য দিয়া চালিত করিয়া শুষ্ক* করা হয় ও বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

● হাইড্রোজেন ও সালফার বাষ্প, উত্তপ্ত পিউমিস (pumice) পাথরের উপর 600°C উষ্ণতায় চালিত করিলে বিশুদ্ধ H_2S উৎপন্ন হয়।

$$H_2+S=H_2S$$

☐ হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম :

ভৌতধর্ম—ইহা বর্ণহীন, পচা ডিমের গন্ধযুক্ত, বিষাক্ত গ্যাস। ইহার স্ফুটনাংক −61°C এবং গলনাংক −83°C। ইহা জলে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা দাহ্য কিন্তু দহন সহায়ক নয়। বায়ু বা অক্সিজেনে ইহা নীলাভ শিখায় জ্বলে এবং সালফার ডায়ক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

$$2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2.$$

● ইহা একটি মৃদু দ্বি-ক্ষারীয় অম্ল। জলীয় দ্রবণে ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে ও অন্যান্য নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন করে।

দ্বি-ক্ষারীয় অম্লরূপে ইহার দুইটি স্তরে আয়নীভবন ঘটে—

$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$$
$$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{--}$$

অম্লরূপে ইহা ক্ষার, ক্ষারক ও ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব সালফাইড (S^{--}) ও হাইড্রোসালফাইড (HS^-) উৎপন্ন করে।

$$NaOH+H_2S=NaHS+H_2O$$
$$2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O$$
$$2NH_4OH+H_2S=(NH_4)_2S+2H_2O$$
$$Sn+H_2S \overset{\text{উত্তাপ}}{=} SnS+H_2$$

[রূপা ও তামার পদার্থে যে কলংক' (stain) দেখা, যায়, উহা উৎপন্ন সালফাইডের জন্যই ঘটে।]

---

* H_2S শুষ্ক করণের জন্য (i) NaOH, KOH প্রভৃতি ব্যবহার করা যায় না কারণ H_2S অম্লরূপে এগুলির সহিত বিক্রিয়া করে। $2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O$; (ii) গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা যায় না কারণ H_2S বিজারক পদার্থ বলিয়া বিক্রিয়া ঘটে। $H_2S+H_2SO_4=SO_2+2H_2O+S$; (iii) $CaCl_2$ ব্যবহার করা যায় না কারণ H_2S ইহার সহিত বিক্রিয়া করে। $CaCl_2+H_2S \rightleftharpoons CaS+2HCl$

মৃদু অম্লের লবণ বলিয়া, দ্রাব্য (NH_4^+, Na^+, K^+) সালফাইডগুলির* জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষের ফলে ক্ষারধর্মী হয়। $Na_2S+2H_2O=2NaOH+H_2S$.

এই আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য, কোন কোন সালফাইড যেমন Al_2S_3 জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন হইতে পারে না।

● ইহা বহু ধাতব লবণের সহিত যুগ্ম প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ধাতব সালফাইডের অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে* ; উৎপন্ন ধাতব সালফাইডের **বর্ণ ও দ্রাব্যতার প্রকৃতি** হইতে ধাতুটির স্বরূপ নির্ণয় সহজসাধ্য হইয়া ওঠে বলিয়া H_2S-কে পরীক্ষাগারে নিরীক্ষক-রূপে বহুল ব্যবহার করা হয়।

প্রশম বা অম্ল দ্রবণে

$$\left\{\begin{array}{l} CuSO_4 + H_2S=CuS\downarrow +H_2SO_4 \\ PbCl_2 + H_2S=PbS\downarrow +2HCl \\ HgCl_2 + H_2S=HgS\downarrow +2HCl \\ CdCl_2 + H_2S=CdS\downarrow +2HCl \\ 2AsCl_3 + 3H_2S=As_2S_3\downarrow +6HCl \\ SnCl_2 + H_2S=SnS\downarrow +2HCl \end{array}\right.$$

প্রশম বা অ্যামোনিয়া-যুক্ত দ্রবণে

$$\left\{\begin{array}{l} ZnSO_4 + H_2S=ZnS\downarrow +H_2SO_4 \\ CoCl_2 + H_2S=CoS\downarrow +2HCl \\ NiCl_2 + H_2S=NiS\downarrow +2HCl \\ MnSO_4 + H_2S=MnS\downarrow +H_2SO_4 \end{array}\right.$$

ধাতব সালফাইড	বর্ণ	দ্রাব্যতা
Ag_2S, CuS, HgS, PbS, Bi_2S_3	কালো	HCl-অম্ল ও অ্যামোনিয়ায় অদ্রাব্য
CdS	বাসন্তী	” ”
AS_2S_3	হলুদ	HCl-অম্লে অদ্রাব্য, $(NH_4)_2S_x$ দ্রবণে দ্রাব্য
Sb_2S_3	কমলা	” ”
SnS	হলুদ	” ”
CoS, NiS	কালো	অ্যামোনিয়ায় অদ্রাব্য, অ্যাকোয়া রিজিয়ায় দ্রাব্য
ZnS	সাদা	” ” HCl দ্রবণে দ্রাব্য
MnS	রক্তাভ হলুদ	” ” ” ” ”

● ইহা একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ ; বহু পদার্থকে বিজারিত করে।

$$H_2SO_4+H_2S=SO_2+S\downarrow +2H_2O$$
$$2HNO_3+H_2S=2NO_2+S\downarrow +2H_2O$$
$$H_2S+X_2=2HX+S \quad [X=Cl, Br, I]$$
$$SO_2+2H_2S=2H_2O+3S\downarrow$$
$$2KMnO_4+4H_2SO_4+5H_2S =2KHSO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S\downarrow$$
$$K_2Cr_2O_7+5H_2SO_4+3H_2S =2KHSO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O+3S$$
$$2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+HCl+S$$

* Na^+, K^+ ও NH_4^+-এর সালফাইড দ্রাব্য।

□ **নিরীক্ষা :** ● ইহার পচা ডিমের ন্যায় একটি বিশিষ্ট গন্ধ আছে।

● ইহার সংস্পর্শে লেড অ্যাসিটেটে সিক্ত কাগজ কালো (PbS) হইয়া যায়।

● ইহা গোলাপী $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন ও কমলা রঙের $K_2Cr_2O_7$কে সবুজ করে (cf : SO_2)।

● ইহার ক্ষারীকৃত **দ্রবণে,** সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের (sodium nitroprusside) সদ্য-প্রস্তুত দ্রবণ যোগ **করিলে** গোলাপী বর্ণ উৎপন্ন হয়।

□ **ব্যবহার :** ● ইহা ধাতব সালফাইড লবণগুলির উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

● ইহা পরীক্ষাগারে নিরীক্ষকরূপে (reagent) বহুল ব্যবহৃত হয়।

গঠন সংকেত : রেখা সংকেত : $S\langle^{H}_{H}$

ইলেকট্রনীয় সংকেত : $H{\times\atop}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{S}}{\times\atop}H$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)

সকল হ্যালোজেনই হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া হাইড্রাইড HX গঠন করে (X = F, Cl, Br, I)। এগুলির প্রতিটিই এক-ক্ষারীয় অম্ল। ইহাদের সাধারণত হাইড্রোহ্যালিক অ্যাসিড বলা হয়।

গুরুত্বপূর্ণ অম্লরূপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রাচীনকাল হইতেই পরিচিত। আগ্নেয়গিরিজাত গ্যাসে স্বল্প পরিমাণে ইহার প্রাকৃতিক অস্তিত্ব দেখা যায়। ইহার ধাতব লবণ বা ক্লোরাইডগুলি প্রধানত খনিজরূপে পাওয়া যায়, যেমন রক্‌সল্ট (NaCl), কার্ণালাইট (KCl), $MgCl_2.6H_2O$, AgCl ইত্যাদি।

□ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি :

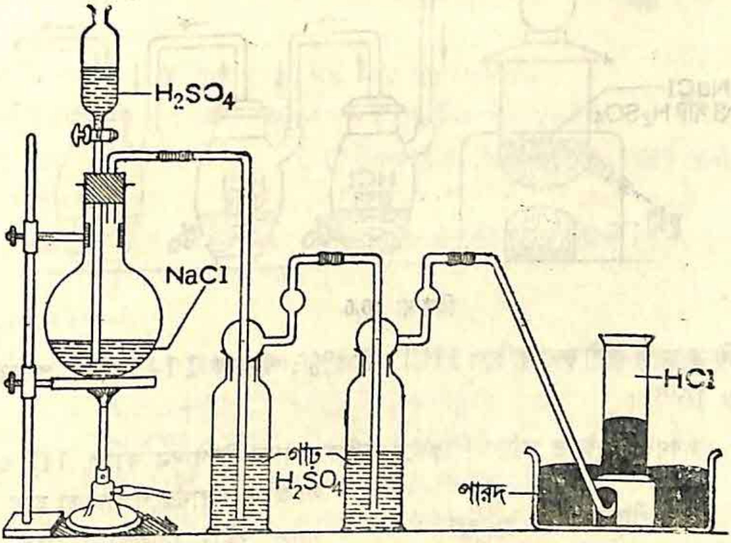
● পরীক্ষাগারে শুষ্ক HCl প্রস্তুতির জন্য, একটি গোলতল ফ্লাস্কে সাধারণ লবণ (NaCl) ও গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করা হয়; বিক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$NaCl+H_2SO_4 \overset{200^\circ C}{=} NaHSO_4+HCl*$$

* অধিক উত্তাপে (500°C) সোডিয়াম বাইসালফেটের পরিবর্তে সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$$

উৎপন্ন HCl, গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ বোতলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া শুষ্ক করা হয় ও পারদের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র নং 16.4)।



চিত্র নং 16.4

● সিলিকন টেট্রাক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষ করিয়া বিশুদ্ধ HCl দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$SiCl_4 + 4H_2O = \underset{\text{অর্থোসিলিক আ্যাসিড}}{Si(OH)_4} + 4HCl$$

● হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন আলোক সান্নিধ্যে বা উত্তাপে বিস্ফোরণসহ তীব্র বিক্রিয়া করিয়া HCl উৎপন্ন করে

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

● বহু ক্লোরাইড যৌগ আর্দ্রবিশ্লেষ কালে HCl উৎপন্ন করে—

$$AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl$$
$$PCl_3 + 3H_2O = P(OH)_3 + 3HCl$$
$$SO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$$

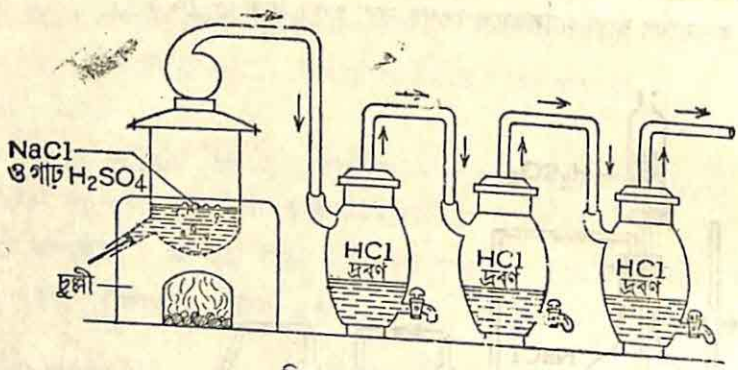
● ক্লোরিন বহু যৌগের সহিত বিক্রিয়ায় HCl সহোৎপন্ন করে—

$$H_2O + Cl_2 = HCl + HOCl$$
$$CH_4 + 4Cl_2 = CCl_4 + 4HCl$$
$$H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$$

● HCl-এর শিল্প প্রস্তুতির ক্ষেত্রে—

(i) সাধারণ লবণ (NaCl) ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র, ঢালাই লোহার পাত্রে উত্তপ্ত

করা হয় ; উৎপন্ন HCl সংযুক্ত মৃত্তিকা নির্মিত শীতকে শীতল করিয়া পরে পোর্সিলেন



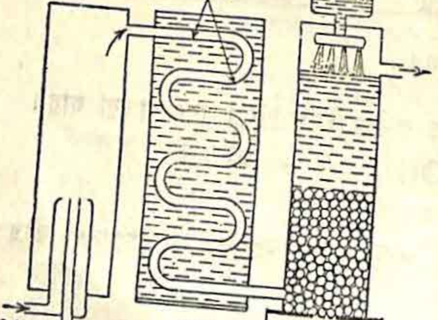
চিত্র নং 16.5

পাত্রে রক্ষিত জলে দ্রবীভূত করিলে HCl (2·8% ; ঘনাংক 1·14) দ্রবণ পাওয়া যায় (চিত্র নং 16·5)।

(ii) লবণজল হইতে তড়িৎ বিশ্লেষণে কষ্টিক সোডা উৎপাদন কালে, H_2 ও Cl_2 সহজাত পদার্থরূপে পাওয়া যায়। এই গ্যাস দুইটি সিলিকা নির্মিত চুল্লীতে দহন করিলে, HCl উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

উৎপন্ন HCl-কে শীতকে শীতল করিয়া পরে একটি স্তম্ভে চালনা করা হয় ; স্তম্ভটির উপর হইতে জলের ধারা-স্রাব করা হয় এবং ঐ জলে HCl শোষিত হইয়া স্তম্ভের নীচে জমে (চিত্র নং 16·6)।



চিত্র নং 16·6

□ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ

ভৌতধর্ম—ইহা একটি বর্ণহীন, কটুগন্ধী গ্যাস। ইহার গলনাংক −111·4° এবং স্ফুটনাংক −85°C। ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য ; সংপৃক্ত দ্রবণে ইহার পরিমাণ 43% এবং ঘনাংক 1·231। ইহা সাধারণ বায়ুতে উন্মুক্ত থাকিলে ধোঁয়া সৃষ্টি করে।

HCl-এর গাঢ় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে অধিক উদ্বায়ী HCl বাষ্পীভূত হইতে থাকে ও দ্রবণে HCl-এর গাঢ়তা কমিতে থাকে ; গাঢ়তা 20·24% হইলে মিশ্রটির স্ফুটনাংক হয় 110°C। আবার HCl-এর লঘু দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে জল বাষ্পীভূত হইতে থাকে ও দ্রবণে HCl-এর গাঢ়তা বাড়িতে থাকে ; গাঢ়তা 20·24% হইলে মিশ্রটির স্ফুটনাংক

হয় 110°C ; উভয় ক্ষেত্রেই প্রাপ্ত দ্রবণকে 110°C-এ স্ফুটন করিলে—HCl ও জল একই কালে বাষ্পীভূত হয় ; এই মিশ্র দ্রবণকে "নিত্য স্ফুটন মিশ্র" (constant boiling mixture) বলা হয়। যে কোন গাঢ়তার HCl দ্রবণকে স্ফুটন করিলে, উহা ক্রমে নিত্যস্ফুটন মিশ্রে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা দাহ্যও নয়, দহন সহায়কও নয়।

● ইহা স্থায়ী যৌগ এবং অতি উচ্চতাপেও ইহার বিযোজন নগণ্য।

● ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। 0°C উষ্ণতায় 1 আয়তন জল 525 আয়তন HCl গ্যাস দ্রবীভূত করে।

HCl দ্রবণ একটি তীব্র এক-ক্ষারীয় অম্ল ও দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

তীব্র অম্লরূপে ইহা—

(i) বিভিন্ন ক্ষার ও ক্ষারক যৌগকে প্রশমিত করিয়া ক্লোরাইড শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে।

$$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$$
$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$
$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$
$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

[NH_3 ও HCl উভয়েরই গ্যাস অবস্থায় বিক্রিয়া ঘটিলে গাঢ় সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।]

(ii) মৃদু ও উদ্বায়ী অম্লের যৌগ হইতে অম্লটিকে প্রতিস্থাপিত করে।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$\underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + HCl = NaCl + \underset{\text{অ্যাসেটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

(iii) তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে H-এর ঊর্ধ্বে অবস্থিত ধাতুগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2$$
$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$
$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

● উত্তপ্ত গাঢ় HCl-এর সহিত কপারের, এবং বায়ুর সান্নিধ্যে সিলভারের বিক্রিয়া ঘটে।

$$2Cu + 8HCl = H_2 + 2H_3[CuCl_4]$$
$$4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O$$

● ইহা MnO_2, বিভিন্ন পারক্সাইড, লেড ডায়ক্সাইড, (PbO_2), ডাই ক্রোমেট, পার্মাংগানেট, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতির দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$
$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$
$$\underbrace{HNO_3 + 3HCl}_{\text{অ্যাকোয়া রিজিয়া}} = NOCl + 2H_2O + Cl_2$$

● লেড, সিলভার, কিউপ্রাস ও মার্কিউরাস লবণের দ্রবণের সহিত ইহা ধাতুগুলির অদ্রাব্য ক্লোরাইড ($PbCl_2$, $AgCl$, $CuCl$, Hg_2Cl_2) উৎপন্ন করে।

$$2KMnO_4+16HCl=2KCl+2MnCl_2+8H_2O+5Cl_2$$

$$K_2Cr_2O_7+14HCl=2KCl+2CrCl_3+7H_2O+3Cl_2$$

□ **নিরীক্ষা :** ● ইহা গ্যাসীয় অবস্থায় অ্যামোনিয়ার সহিত সাদা ধোঁয়া উৎপাদন করে।

● ইহা MnO_2 সহযোগে উত্তপ্ত করিলে Cl_2 উৎপন্ন হয়।

● জলীয় দ্রবণে ইহা $AgNO_3$-র সহিত সাদা অদ্রাব্য AgCl-এর অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে ; এই অধঃক্ষেপ অ্যামোনিয়াতে দ্রাব্য।

$$AgNO_3+HCl=\underset{\text{অদ্রাব্য}}{AgCl}+HNO_3$$

$$AgCl+2NH_3=\underset{\text{দ্রাব্য}}{[Ag(NH_3)_2]Cl}$$

□ **ব্যবহার :** ● নানা ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে, ● কাপড় ছাপার কাজে, ● গ্যালভানাইজ করার কাজে, ● গ্লুকোজ প্রস্তুতিতে, ● পরীক্ষাগারে নিরীক্ষক রূপে,—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

গঠন সংকেত : গ্যাসীয় HCl বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তড়িৎ অপরিবাহী এবং সমযোজী 'যৌগ ; **জলীয় দ্রবণে** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড আয়নিত বা তড়িৎ-যোজী যৌগ।

ইলেকট্রনীয় সংকেত : $H\overset{\times}{\bullet}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{Cl}}\overset{\times}{\times}$ বা $H^+\left[\overset{\times}{\bullet}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{Cl}}\overset{\times}{\times}\right]^-$

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr)

হাইড্রোজেনের সহিত ব্রোমিন অম্লধর্মী হাইড্রাইড, হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ইহার লবণ বা ব্রোমাইড—কোন কোন খনিজরূপে বর্তমান থাকে।

□ **হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি :**

● ইহা হাইড্রোজেন ও ব্রোমিনের প্রত্যক্ষ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

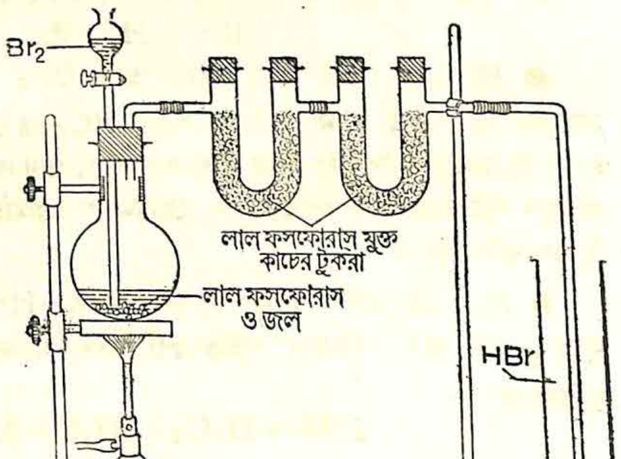
$$H_2+Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$$

ব্রোমিন কম সক্রিয় মৌল বলিয়া, বিক্রিয়াটি আলোক সান্নিধ্যে বা সোজাসুজি ঘটে না। 300°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে তবে বিক্রিয়াটি ঘটে এবং বিক্রিয়াটি উভমুখী হয়। প্লাটিনাম অনুঘাটকের সান্নিধ্যে নিম্নতর উষ্ণতায় (200°C) বিক্রিয়াটি ঘটানো যায়।

● ক্লোরাইড লবণের উপর উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়; অনুরূপভাবে কিন্তু **ব্রোমাইড লবণের উপর উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায়** হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করা যায় না; কারণ উৎপন্ন হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস বিজারক পদার্থরূপে অবিলম্বে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় জারিত হইয়া যায় এবং শেষ বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থরূপে SO_2 ও Br_2 পাওয়া যায়।

$$2NaBr + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HBr$$
$$2HBr + H_2SO_4 = SO_2 + Br_2 + 2H_2O$$
$$\overline{2NaBr + 2H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + Br_2 + 2H_2O}$$

● পরীক্ষাগারে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস প্রস্তুতির জন্য ফসফোরাস ট্রাইব্রোমাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষ বিক্রিয়াটি সাধারণত ব্যবহার করা হয়। একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছু লাল ফসফোরাস ও জল লওয়া হয় ও ফ্লাস্কটিতে সংযুক্ত বিন্দুপাতী ফানেল যোগে তরল ব্রোমিন সাবধানে ফোঁটা ফোঁটা যোগ করা হয়। ফলে, একটি তীব্র বিক্রিয়ায় প্রথমত ফসফোরাস ট্রাইব্রোমাইড (বা ফসফোরাস পেণ্টাব্রোমাইড) উৎপন্ন হয়, পরে উহা জলের সহিত



চিত্র নং 16·7

আর্দ্র-বিশ্লেষ বিক্রিয়ায় ফসফোরাস অ্যাসিড (বা ফসফোরিক অ্যাসিড) ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন HBr গ্যাস নির্গম-নলপথে বাহিত হইয়া কয়েকটি লাল ফসফোরাস যুক্ত কাচের টুকরা পূর্ণ U-নলে প্রবেশ করে; ইহার ফলে HBr-এর সংবাহিত কোন Br_2 থাকিলে উহা শোষিত হয়। U নল হইতে নির্গত, HBr, শুষ্ক করিতে হইলে উহাকে পরে অনার্দ্র $CaCl_2$-পূর্ণ U নলের মধ্য দিয়া শুষ্ক করা হয়

ও পরে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ বা পারদের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র নং 16.7)।

$$2P+3Br_2=2PBr_3\ ;\ (2P+5Br_2=2PBr_5)$$
$$PBr_3+3H_2O=H_3PO_3+3HBr$$
$$(PBr_5+4H_2O=H_3PO_4+5HBr)$$

উৎপন্ন HBr-কে জলে দ্রবীভূত করিলে, HBr-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

● ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণে SO_2 বা H_2S চালনা করিলে, HBr-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$H_2S+Br_2=2HBr+S\downarrow$$
$$SO_2+Br_2+2H_2O=2HBr+H_2SO_4$$

□ হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—ইহা একটি তীব্র কটুগন্ধী গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা ভারী ও বায়ুর সংস্পর্শে HCl-এর ন্যায় ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য ; সম্পৃক্ত দ্রবণে ইহার পরিমাণ 69%। HCl-এর ন্যায় ইহাও একটি 'নিত্যস্ফুটন মিশ্র' উৎপন্ন করে। এই মিশ্রের স্ফুটনাংক 126°C এবং মিশ্রে HBr-এর মাত্রা 47·6%.

রাসায়নিক ধর্ম—● জলীয় দ্রবণে ইহা একটি তীব্র অম্ল ও পূর্ণ আয়নিত হয়।

$$HBr \rightleftharpoons H^+ + Br^-$$

● HCl-এর সহিত ইহার ধর্মের অতি নিকট সাদৃশ্য আছে। ধাতু, ধাতব অক্সাইড ও অন্যান্য নানা যৌগের সহিত HCl-এর যে বিক্রিয়াগুলি লক্ষ্য করা যায় ; ইহার ক্ষেত্রেও সেই বিক্রিয়াগুলিই লক্ষ্য করা যায় ; পার্থক্যের মধ্যে ক্লোরিন বা ক্লোরাইডের পরিবর্তে বিক্রিয়াগুলিতে অনুরূপভাবে ব্রোমিন বা ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। (HCl-এর বিক্রিয়াগুলি দ্রষ্টব্য)

● HCl-এর সহিত HBr-এর মূল পার্থক্য,—HBr সহজে জারিত হয়। ফলে, H_2O_2, H_2SO_4 এগুলির সহিত HCl-এর বিক্রিয়া ঘটে না কিন্তু HBr-এর বিক্রিয়া ঘটে—

$$2HBr+H_2O_2=2H_2O+Br_2$$
$$2HBr+H_2SO_4=SO_2+Br_2+2H_2O$$
$$2HBr+Cl_2=2HCl+Br_2$$

যে যে জারক পদার্থ HCl-কে জারিত করিয়া থাকে, উহারা HBr-কে জারিত করিয়া Br_2 উৎপন্ন করে। (HCl-এর বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য)।

● লেড, সিলভার, কিউপ্রাস ও মার্কিউরাস লবণের সহিত ইহা অদ্রাব্য ব্রোমাইড লবণ উৎপন্ন করে ($PbBr_2$, AgBr, Hg_2Br_2, CuBr)।

□ **নিরীক্ষা :** ● ইহা ধূমায়মান গ্যাস ; NH_3-এর সংস্পর্শে গাঢ় ধোঁয়া উৎপন্ন করে। দ্রবণে ইহা তীব্র অম্লধর্মী।

● ইহার দ্রবণকে ক্লোরিন জল ও CS_2 সহ ঝাঁকাইলে CS_2 স্তর বাদামী বর্ণ হয়।

$$2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2$$

● ইহার দ্রবণকে, গাঢ় H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত করিলে লাল Br_2-এর বাষ্প উৎপন্ন হয়।

● ইহা দ্রবণে $AgNO_3$-এর দ্রবণের সহিত অদ্রাব্য পীতাভ সিলভার ব্রোমাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে; এই অধঃক্ষেপ অ্যামোনিয়াতে সহজে দ্রাব্য নয়; অতিরিক্ত মাত্রায় গাঢ় NH_4OH-এ ইহা দ্রাব্য হয়।

□ **ব্যবহার :** ● জৈব রাসায়নিক পরীক্ষাগুলিতে নিরীক্ষক (reagent) রূপে; ● ব্রোমাইড লবণগুলির প্রস্তুতিতে—ইহা ব্যবহৃত হয়।

AgBr ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়; KBr নিদ্রাকারী ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

ইলেকট্রনীয় সংকেত : $H:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Br}}:$ বা $H^+\left[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Br}}:\right]^-$

হাইড্রোজেন আয়োডাইড বা হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড (HI)

হাইড্রোজেনের সহিত আয়োডিন অম্লধর্মী হাইড্রাইড, হাইড্রোজেন আয়োডাইড বা হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ইহার লবণ, আয়োডাইডরূপে সামুদ্রিক লবণে ও পেট্রোলিয়াম খনিজাত লবণ জলে দেখা যায়।

□ হাইড্রোয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুতি :

● হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের প্রত্যক্ষ বিক্রিয়ায় ইহা স্বল্প পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

আয়োডিন, হ্যালোজনগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা কম সক্রিয় বলিয়া বিক্রিয়াটি উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের সান্নিধ্যেই মাত্র উল্লেখযোগ্য ভাবে ঘটে; সেক্ষেত্রেও বিক্রিয়াটি অসম্পূর্ণ ও উভমুখী হয়।

● হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের ন্যায় হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডও **আয়োডাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায়** উৎপন্ন করা যায় না, কারণ HBr-এর ন্যায় HI-ও বিজারক পদার্থ এবং শেষ বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থরূপে SO_2 ও I_2 পাওয়া যায়।

$$H_2SO_4 + 2HI = SO_2 + I_2 + 2H_2O$$

● পরীক্ষাগারে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড গ্যাস প্রস্তুতির জন্য, HBr গ্যাস প্রস্তুতির অনুরূপ যন্ত্রসজ্জা ব্যবহার করা হয়; (বর্ণনা—HBr দ্রষ্টব্য)। ফ্লাস্কে লাল ফসফোরাস ও আয়োডিন লওয়া হয় এবং ফানেল হইতে জল যোগ করা হয়। উৎপন্ন HI

গ্যাসকে, লাল ফসফোরাসযুক্ত সিক্ত কাচের টুকরা পূর্ণ U-নলের মধ্যে চালিত করিয়া পরে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম আয়োডাইড যুক্ত নলের মধ্য দিয়া চালনা করা হয় ; শুষ্ক HI গ্যাসকে, বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। পারদের সহিত বিক্রিয়া ঘটে বলিয়া ইহাকে পারদের উপর সংগ্রহ করা যায় না। ইহাকে জলে দ্রবীভূত করিয়া হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

● আয়োডিনযুক্ত জলের মধ্য দিয়া H_2S চালিত করিলে, হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডে জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$H_2S+I_2=2HI+S\downarrow$$

□ হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম—ইহা বর্ণহীন, বায়ু অপেক্ষা ভারী, কটুগন্ধী, ধূমায়মান গ্যাস। HCl ও HBr-এর ন্যায় ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য (1 সি. সি. জল : 425 সি. সি. HI গ্যাস। HCl ও HBr-এর ন্যায় ইহাও জলীয় দ্রবণে একটি 'নিত্যস্ফুটন মিশ্র' তৈরী করে ; এই মিশ্রণের স্ফুটনাংক 126°C এবং ইহাতে 57%HI থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম—● ইহা উত্তাপে মৌলগুলিতে বিযোজিত হয়।

$$2HI \overset{180^\circ C}{\rightleftharpoons} H_2+I_2$$

● ইহার জলীয় দ্রবণ বায়ুর সংস্পর্শে জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে ও দ্রবণটির বর্ণ সে কারণে বাদামী হইয়া যায়। $4HI+O_2=2H_2O+2I_2$

● ইহার জলীয় দ্রবণ তীব্র অম্ল ও পূর্ণ আয়নিত হয়। $HI\rightleftharpoons H^++I^-$

● ইহার হাইড্রোজেনের ও আয়োডিনে বিযোজিত হইবার স্বতঃপ্রবণতা অধিক বলিয়া, ইহা একটি তীব্র বিজারক পদার্থ। ইহার নানা বিজারণ বিক্রিয়াগুলি :—

$$X_2+2HI=2HX+I_2 \quad (X=F, Cl, Br)$$
$$2HNO_3+2HI=2H_2O+2NO_2+I_2$$
$$2HI+H_2O_2=2H_2O+I_2$$
$$4HI+2O_2=2H_2O+O_2+2I_2$$
$$K_2Cr_2O_7+5H_2SO_4+6HI=2KHSO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O+3I_2$$
$$2KMnO_4+4H_2SO_4+10HI=2KHSO_4+2MnSO_4+8H_2O+5I_2$$
$$2FeCl_3+2HI=2FeCl_2+2HCl+I_2$$
$$2CuSO_4+4HI=2CuI+I_2+2H_2SO_4$$

● লেড, সিলভার, মার্কিউরাস, মার্কিউরিক ও কিউপ্রাস লবণের দ্রবণের সহিত ইহা অদ্রাব্য আয়োডাইড লবণ উৎপন্ন করে (PbI_2, AgI, Hg_2I_2, HgI_2, CuI)।

□ **নিরীক্ষা :** ● ইহা কটুগন্ধী ধূমায়মান গ্যাস ও দ্রবণে তীব্র অম্লধর্ম প্রদর্শন করে। ● ইহার দ্রবণকে গাঢ় H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত করিলে বেগুনী রঙের আয়োডিন বাষ্প উদ্ভূত হয়। ● ইহার দ্রবণকে ক্লোরিন জল ও CS_2-সহ ঝাঁকাইলে, CS_2 স্তরটি গোলাপী বর্ণ ধারণ করে। $2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$ ● ইহার দ্রবণে $AgNO_3$-র দ্রবণ যোগ করিলে হলুদ বর্ণের অদ্রাব্য AgI অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়; এই অধঃক্ষেপ অ্যামোনিয়াতে প্রায়-অদ্রাব্য।

□ **ব্যবহার :** ● ইহা জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিতে তীব্র বিজারক পদার্থরূপে ব্যবহার হয়। ● ইহা আয়োডাইড লবণসমূহ প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। (বিভিন্ন আয়োডাইড লবণ ফটোগ্রাফি ও ঔষধে ব্যবহৃত হয়।)

ইলেকট্রনীয় সংকেত : $H \overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\colon I \colon}}$ বা $H^{+}\left[\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\colon I \colon}}\right]^{-}$

প্রশ্নাবলী

1. পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত হয়, চিত্রযোগে বর্ণনা কর। ইহার কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর। অ্যামোনিয়ার কয়েকটি শিল্প ব্যবহার উল্লেখ কর।

2. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া, সমীকরণ যোগে বিবৃত কর—
   (i) গ্যাসীয় অবস্থায় উত্তপ্ত সোডিয়ামের ও উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের সহিত
   (ii) গ্যাসীয় অবস্থায় গ্যাসীয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত
   (iii) অনুঘটকের সান্নিধ্যে গ্যাসীয় অবস্থায়, গ্যাসীয় অক্সিজেনের সহিত
   (iv) গ্যাসীয় অবস্থায় উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের সহিত
   (v) দ্রবণ রূপে—$CuSO_4$ দ্রবণ, $FeCl_3$ দ্রবণ, $AgNO_3$ দ্রবণ ও $HgCl_2$ দ্রবণ।

   টীকা লিখ :—লাইকার অ্যামোনিয়া, তরল অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়া দ্রবণ।

3. পরীক্ষাগারে ফসফিন গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? অ্যামোনিয়ার সহিত ফসফিনের একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

4. পরীক্ষাগারে কিপ্‌স্ যন্ত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় কেন? H_2S গ্যাস শুষ্কীকরণে—কি অনার্দ্রকারক (dehydrating agent) ব্যবহার করা হয়? ইহার কয়েকটি রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর।

5. H_2S-কে পরীক্ষাগারে নিরীক্ষক রূপে বহুল ব্যবহার করা হয় কেন? বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণের সহিত ইহার বিক্রিয়া সমীকরণ যোগে আলোচনা কর। H_2S-এর দুইটি নিরীক্ষা বর্ণনা কর।

6. হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক, হাইড্রোয়োডিক অ্যাসিডের একটি সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা কর।

সপ্তদশ অধ্যায়	শিল্প প্রস্তুতি অ্যামোনিয়া—নাইট্রিক অ্যাসিড—সালফিউরিক অ্যাসিড—সুপার ফসফেট অফ লাইম—কোল-গ্যাস।

অ্যামোনিয়া

বহু শিল্পে অ্যামোনিয়া ব্যবহার হয় বলিয়া, অ্যামোনিয়ার বহুল উৎপাদন বা শিল্প প্রস্তুতি, প্রয়োজন হয়।

□ **অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতির প্রধান পদ্ধতি** দুইটি,—

1. কোল-গ্যাস প্রস্তুতিতে কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে উদ্ভূত উপজাত পদার্থ অ্যামোনিয়াকাল লিকার (ammoniacal liquor) হইতে অ্যামোনিয়া নিষ্কাশন ;

2. হেবার পদ্ধতিতে, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংশ্লেষণ হইতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন।

1. কোল-গ্যাস প্রস্তুতির উপজাত পদার্থ হইতে অ্যামোনিয়া নিষ্কাশন :

কাঁচা কয়লাতে ওজনের শতকরা প্রায় 1 ভাগ নাইট্রোজেন থাকে। কয়লাকে, লোহার আবদ্ধ পাত্রে অন্তর্ধূমপাতন করিলে উহা হইতে নানা উদ্বায়ী পদার্থ গ্যাসের আকারে নির্গত হয় ; কয়লার নাইট্রোজেন অংশও এই প্রক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া গ্যাস ও অ্যামোনিয়াম লবণের আকারে উদ্বায়ী হইয়া নির্গত হইয়া যায়। নির্গত সমগ্র উদ্বায়ী গ্যাসগুলিকে শীতল করিলে, উহার কিছু অংশ তরলীভূত হয় ও কিছু অংশ গ্যাসীয়রূপেই থাকে। নানা প্রক্রিয়ার মধ্য দিয়া গ্যাসীয় অংশ হইতে শেষ পর্যন্ত জ্বালানী কোল-গ্যাস (coal gas) পাওয়া যায়। তরলীভূত অংশটিকে দুইটি স্তরে পাওয়া যায় ; নিম্নের স্তরটিতে থাকে ভারী আলকাতরা (coal tar) ও উপরের স্তরে থাকে অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ বা 'অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার' (চিত্র নং 17·5)।

অ্যামোনিয়াকাল লিকার অংশের মধ্যে স্টীম চালনা করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাসরূপে উদ্ভূত হয় ও উহাকে জলে দ্রবীভূত করিয়া সংগ্রহ করা হয় ; স্টীম চালনার পর, অবশিষ্ট লিকার অংশে চুন মিশ্রিত করিয়া, পুনরায় স্টীম চালনা করিলে অ্যামোনিয়াম লবণগুলির বিযোজন হইতে উদ্ভূত অ্যামোনিয়া, পুনরায় গ্যাসরূপে উদ্ভূত হয় ও উহাকে পূর্বের ন্যায় জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া সংগ্রহ করা হয়।

2. হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন :

বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চচাপে ও উচ্চতাপে, সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে,—ইহাই হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের মূল সূত্র।

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 22{,}000 \text{ ক্যালোরি}$$

এই বিক্রিয়াটিতে চাপ, তাপ ও অনুঘটকের ভূমিকার বিস্তৃত আলোচনার জন্য, পৃঃ 298 দ্রষ্টব্য।

প্রকৃতক্ষেত্রে, হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের ক্ষেত্রে,—

- নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনিক মাত্রা 1 : 3।
- উষ্ণতা 550°C।
- চাপ—200 বায়ুচাপ।
- অনুঘটক-রূপে সূক্ষ্ম লৌহচূর্ণ [স্বল্প পরিমাণ 'মলিবডেনাম' প্রভাবক (promoter) সহ] বা, আয়রন-অক্সাইড-অ্যালুমিনিয়াম-অক্সাইড-পটাশিয়াম অক্সাইড মিশ্র ব্যবহার করা হয়।

হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতিতে প্রথমত কাঁচামাল নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন (1 : 3) প্রয়োজন হয়। তরল বায়ু হইতে নাইট্রোজেন ও জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণজাত হাইড্রোজেন এই উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা চলে। অন্যথায় **ওয়াটার গ্যাস*** ($CO+H_2$) ও **প্রোডিউসার গ্যাসের**† ($CO+N_2$) মিশ্র এমন অনুপাতে লওয়া হয় যাহা হইতে শেষ পর্যন্ত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 : 3 অনুপাতে পাওয়া যায়; এই মিশ্রকে অতিরিক্ত স্টীমের সহিত মিশ্রিত করিয়া 450° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত অনুঘটক Fe_2O_3 ও Cr_2O_3 মিশ্রের উপর চালনা করিলে CO অংশ জারিত হইয়া CO_2-তে পরিণত হয়—($CO+H_2O=CO_2+H_2$) ও পরে গ্যাস মিশ্রটিকে চাপযোগে জলে চালনা করিলে, CO_2 দ্রবীভূত হয় এবং N_2 ও H_2 অবশিষ্ট থাকে।

এইভাবে উৎপন্ন N_2 ও H_2 মিশ্র (1 : 3) লইয়া (চিত্র নং 17·1) অ্যামোনিয়া উৎপাদনের জন্য প্রথমত পাম্পের সাহায্যে মিশ্রটিতে 200 বায়ুচাপ প্রয়োগ করা হয় ও



চিত্র নং 17·1

সোডালাইমপূর্ণ একটি শুষ্কীকরণ কক্ষের মধ্যে চালনা করিয়া পরে ক্রোম-স্টিল (chrome-

* **ওয়াটার গ্যাস** (water gas) : লোহিত তপ্ত কোকের উপর দিয়া স্টীম চালনা করিয়া কার্বন মনোকসাইড ও হাইড্রোজেনের যে গ্যাসমিশ্র পাওয়া যায়, উহাকে **'ওয়াটার গ্যাস'** বলা হয়;

$$C+H_2O=CO+H_2$$

† **প্রোডিউসার গ্যাস'** (producer gas) : লোহিততপ্ত কোকের উপর বায়ু চালনা করিয়া কার্বন মনোকসাইড ও নাইট্রোজেনের যে গ্যাসমিশ্র পাওয়া যায় উহাকে **'প্রোডিউসার গ্যাস'** বলা হয়;

$$2C+(O_2+N_2)=2CO+N_2$$

steel) নির্মিত একটি সংশ্লেষণ প্রকোষ্ঠে (Ammonia Converter) প্রবিষ্ট করানো হয়। এই প্রকোষ্ঠে মলিবডেনাম প্রভাবযুক্ত কিছু সূক্ষ্ম লৌহচূর্ণ থাকে এবং বিক্রিয়ার প্রারম্ভে প্রকোষ্ঠটিকে তড়িৎযোগে 550°C-এ উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয়। সচাপে N_2 ও H_2 এই কক্ষে প্রবিষ্ট হইবার পর বিক্রিয়া ঘটিয়া উহা আংশিক অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি তাপদায়ী বিক্রিয়া বলিয়া বিক্রিয়া সুরুর পর প্রকোষ্ঠটির উষ্ণতা নিয়ন্ত্রিত করিয়া 550° সেন্টিগ্রেডে স্থায়ী রাখা প্রয়োজন।

প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত গ্যাসে থাকে উৎপন্ন NH_3 এবং কিছু অবিকৃত N_2 ও H_2। এই মিশ্রটিকে একটি কক্ষের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া আংশিক শীতল করা হয়। ফলে, শীতলীকরণের এই কক্ষটি উষ্ণ হইয়া ওঠে ও উহার মধ্য দিয়া পরে N_2 ও H_2-এর মিশ্র চালনা করিলে মিশ্রটি বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় উষ্ণতায় উত্তপ্ত হইয়া ওঠে; সেই কারণে এই কক্ষটিকে 'পূর্ব-উত্তাপকারী কক্ষ' ও (preheater) বলা যায়।

শীতলীকরণ কক্ষ হইতে N_2, H_2 ও NH_3-র মিশ্র শীতক কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া চালনা করিয়া একটি জলপূর্ণ* আধারে আনা হয়; এই আধারের জলে, উৎপন্ন অ্যামোনিয়া শোষিত হইয়া গাঢ় অ্যামোনিয়ার দ্রবণ উৎপন্ন করে। আধারের উপরের অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অংশ তখন পাম্পযোগে টানিয়া লইয়া 'পূর্ব উত্তাপকারী' কক্ষে প্রবিষ্ট করানো হয় ও উহার মধ্য দিয়া চালিত হইয়া নূতন N_2 ও H_2-এর সহিত ইহাকে মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। সমগ্র মিশ্রটি পুনরায় সংশ্লেষণ প্রকোষ্ঠে চালিত হইয়া পূর্বের চক্র অনুযায়ী ক্রমান্বয়ে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করিতে থাকে।

অ্যামোনিয়া হইতে দুইটি গুরুত্বপূর্ণ সারের শিল্প-উৎপাদন করা হয়। এই দুইটি সার (i) অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] এবং (ii) ইউরিয়া [$CO(NH_2)_2$]। এই দুইটি সারই, সিন্ধ্রী সার কারখানায় উৎপন্ন হইতেছে।

অ্যামোনিয়াম সালফেট

প্রাকৃতিক জিপসামকে ($2CaSO_4.H_2O$) তীব্র উত্তপ্ত (calcined) করিলে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। জলের মধ্যে ক্যালসিয়াম সালফেটকে প্রলম্বিত রাখিয়া উহাকে অ্যামোনিয়াযোগে সম্পৃক্ত করা হয় ও মিশ্র দ্রবণটিতে যথাযথ আলোড়ন সহ কার্বন ডায়ক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে, অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] উৎপন্ন হয়। $2NH_3+CO_2+H_2O+CaSO_4=(NH_4)_2SO_4+CaCO_3\downarrow$

উৎপন্ন অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট বিক্রিয়া শেষে থিতাইয়া যায় ও উহার উপরিস্থ স্বচ্ছ দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে, কেলাসরূপে অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। ইহা একটি বিশেষ প্রয়োজনীয় সাররূপে, ধানচাষে ব্যবহৃত হয়।

ভারতবর্ষের মতো সালফার ঘাটতির দেশে, সালফিউরিক অ্যাসিড ছাড়াই অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপাদনে, এই পদ্ধতিটি বিশেষ উপযোগী।

---

* কোন কোন কারখানায়, উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে জলীয় দ্রবণে পরিণত করার পরিবর্তে—উহাকে খুব শীত করিয়া বর্ধিত চাপযোগে তরল অ্যামোনিয়াতে পরিণত করা হয়।

ইউরিয়া

একটি অটোক্লেভে* অতিরিক্ত মাত্রায় তরল অ্যামোনিয়ার সহিত কার্বন ডায়ক্সাইড মিশ্রিত করিয়া 190°C উষ্ণতা ও 100 বায়ু চাপে কয়েক ঘণ্টা বিক্রিয়া করাইলে, প্রথমত অ্যামোনিয়াম কার্বামেট নামে একটি যৌগ উৎপন্ন হয়, পরে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া ইউরিয়া উৎপন্ন করে।

$$2NH_3 + CO_2 \rightleftharpoons \underset{\text{অ্যামোনিয়াম কার্বামেট}}{NH_2.CO.ONH_4}$$

$$NH_2.CO.ONH_4 \rightleftharpoons \underset{\text{ইউরিয়া}}{NH_2.CO.NH_2} + H_2O$$

বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন দ্রবণটিকে বাষ্পীভূত করিলে ইউরিয়া কেলাস পাওয়া যায়। ইউরিয়া একটি বিশেষ উপযোগী সার ; নানা কৃষিকার্যে ইহা ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড

বহু রাসায়নিক শিল্পে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় বলিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিডের বহুল উৎপাদন বা শিল্প-প্রস্তুতি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

□ **নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে দুইটি পদ্ধতি** ব্যবহৃত হয়।

1. নাইট্রেট লবণ হইতে প্রস্তুতি : পাতন পদ্ধতি।
2. অ্যামোনিয়া হইতে প্রস্তুতি : অ্যামোনিয়ার জারণ পদ্ধতি বা, অস্টোয়াল্ড পদ্ধতি (Ostwald process)।

1. নাইট্রেট লবণ হইতে প্রস্তুতি :

চিলির সমুদ্র উপকূলে প্রচুর সোডিয়াম নাইট্রেট লবণ পাওয়া যায়। ইহাকে 'চিলি সল্টপিটার' (Chile saltpetre) বলা হয়। এই লবণ হইতে পূর্বে প্রচুর নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত হইত।

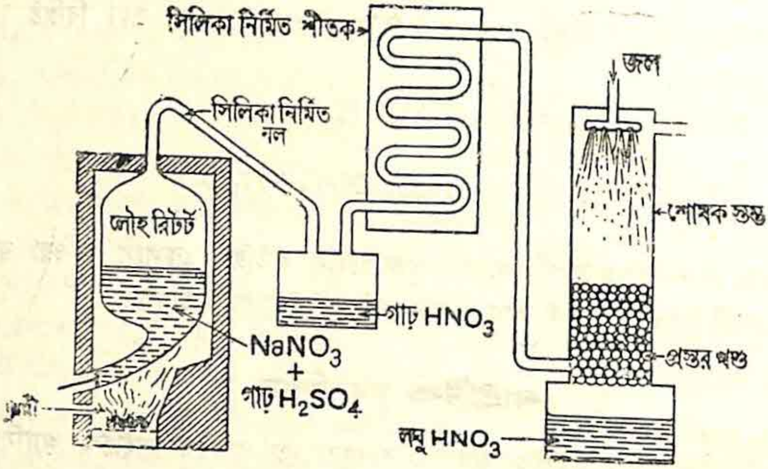
সোডিয়াম নাইট্রেট লবণকে গাঢ় H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত করিলে অধিক উদ্বায়ী নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাসীয়রূপে নির্গত হয়, ও তুল্যাংক পরিমাণ সোডিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম বাইসালফেট উৎপন্ন হয়।

$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3$$

চিত্রানুযায়ী (17·2) যন্ত্রসজ্জায়, একটি লৌহ নির্মিত রিটর্টে সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র লইয়া, পাত্রটিকে চুল্লীর উপর উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাসীয়রূপে নির্গত হইয়া কতকগুলি মাটি বা সিলিকার তৈয়ারী শীতক-নলে প্রবেশ করে ও উহার নিম্নে ঘনীভূত তরলরূপে সংগৃহীত হইতে থাকে। শীতক-নল

* যে আবদ্ধ পাত্রে ইচ্ছামত তাপ ও চাপযোগে রাসায়নিক বিক্রিয়া করা যায়, শিল্পে ব্যবহৃত এরূপ পাত্রকে অটোক্লেভ (autoclave) বলা হয়।

হইতে নির্গত সামান্য নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস পরবর্তী স্তরে একটি শোষক স্তম্ভে চালনা করা হয় ও স্তম্ভের উপর হইতে পাতিত জলের ধারাস্রাবে দ্রবীভূত অবস্থায় লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড স্তম্ভের নিম্নদেশ হইতে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র নং 17·2

রিটর্টের নিম্নে সংলগ্ন নির্গম-নল খুলিয়া মাঝে মাঝে গলিত সোডিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম বাইসালফেট মিশ্র বাহির করিয়া দেওয়া হয়।

2. অ্যামোনিয়ার জারণ দ্বারা প্রস্তুতি : অস্টোয়াল্ড পদ্ধতি :

অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্র (1 : 9) উত্তপ্ত অনুঘটকের উপর চালিত করিলে, অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে—

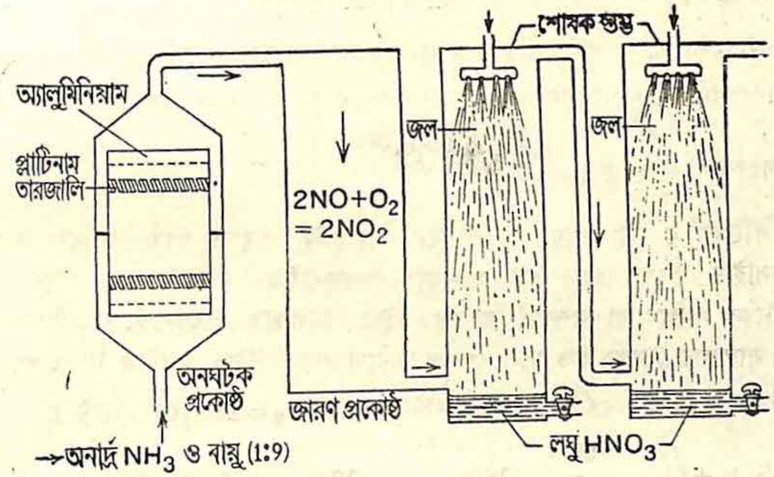
$$4NH_3+5O_2 \rightleftharpoons 4NO+6H_2O+305{,}000 \text{ ক্যালোরি}$$

লে শাটেলিয়র নীতি অনুযায়ী, এই বিক্রিয়াটিতে অধিক NO উৎপাদন করিতে হইলে, বর্ধিত চাপ ও বর্ধিত তাপ বর্জনীয়। কিন্তু নিম্ন তাপে বিক্রিয়াটির গতি শ্লথ। প্রকৃষ্ট উষ্ণতা 500° সেন্টিগ্রেডে এবং প্লাটিনাম তারজালি অনুঘটকের সান্নিধ্যে, বিক্রিয়াটি উত্তমরূপে নিষ্পন্ন হয় ও অ্যামোনিয়ার প্রায় 90%, নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। বিস্তৃত আলোচনার জন্য, পৃঃ 300 দ্রষ্টব্য।

অনুঘটকের সান্নিধ্যে অ্যামোনিয়ার জারণে যে NO উৎপন্ন হয়, উহাকে পরবর্তী স্তরে অধিক বায়ুর সহিত বিক্রিয়ায় NO_2, ও উৎপন্ন NO_2-কে জলে শোষণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$2NO+O_2=2NO_2$$
$$2NO_2+H_2O=HNO_2+HNO_3$$
$$3HNO_2=HNO_3+2NO+H_2O$$

পদ্ধতির বর্ণনা : চিত্রে (17·3) অস্টোয়াল্ড পদ্ধতির যন্ত্রসজ্জা ও ক্রমপর্যায় দেখানো হইয়াছে।



চিত্র নং 17·3

হেবার পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে কষ্টিক সোডা-যোগে উত্তপ্ত করিয়া ও পরে ইহাকে বিশুদ্ধ করিয়া—বিশুদ্ধ, অনার্দ্র NH_3 গ্যাস পাওয়া যায় ; ইহার সহিত—ধূলি, কার্বন ডায়ক্সাইড ও আর্দ্রতামুক্ত বিশুদ্ধ বায়ু মিশ্রিত করা হয় ; বিশুদ্ধ NH_3 ও বিশুদ্ধ বায়ুর মিশ্র (1 : 9) অনুঘটক প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে।

অনুঘটক-প্রকোষ্ঠে একটি চতুষ্কোণ অ্যালুমিনিয়াম নির্মিত বাক্সে আড়াআড়িভাবে প্রসারিত 'প্লাটিনাম তারজালি' অনুঘটক থাকে ; প্রকোষ্ঠটি বিক্রিয়ার আদিতে তড়িৎযোগে 750°–900°C উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয় (পরে, বিক্রিয়াটি তাপদায়ী বলিয়া, বিক্রিয়া-উৎপন্ন তাপেই তারজালি উত্তপ্ত থাকে)। অ্যামোনিয়া-বায়ু মিশ্রটি দ্রুতভাবে তারজালির উপর দিয়া চালনা করা হয়, যাহাতে মিশ্রটির সহিত তারজালির সান্নিধ্য অতি স্বল্পকালের জন্য ঘটে* এবং এই সান্নিধ্যের ফলে বিক্রিয়া ঘটিয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

উৎপন্ন NO, অনুঘটক প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত হইয়া, শীতলীকরণ কক্ষে প্রবেশ করে এবং এই কক্ষে NO অতিরিক্ত বায়ুর সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন পারক্সাইডে (NO_2) পরিণত হয়।

শীতলীকরণ কক্ষ হইতে নির্গত NO_2-কে কয়েকটি শোষক স্তম্ভের মধ্য দিয়া চালনা করা হয় ও স্তম্ভগুলির উপর হইতে জলের ধারাস্রাব করা হয়। শোষক স্তম্ভের নিম্নদেশ হইতে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড সংগ্রহ করা হয়।

---

* অধিক সময় তারজালির সান্নিধ্যে থাকিলে, মিশ্রস্থ অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিড

বহু রাসায়নিক শিল্পেই সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় বলিয়া, সালফিউরিক অ্যাসিডের বহুল উৎপাদন বা শিল্প প্রস্তুতি, বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

বর্তমানকালে, সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিই (Contact process for manufacture of sulphuric acid) সর্বত্র অনুসৃত হয়।

☐ সংস্পর্শ পদ্ধতি :

বিক্রিয়া : সালফার বা আয়রন পিরাইটিস বায়ুতে দহন করিলে সালফার ডায়ক্সাইড উৎপন্ন হয় ; এই সালফার ডায়ক্সাইড অক্সিজেন বা বায়ুর সহিত অনুঘটকের সান্নিধ্যে বা সংস্পর্শে জারিত হইয়া সালফার ট্রায়ক্সাইডে পরিণত হয় ; উৎপন্ন সালফার ট্রায়ক্সাইড জলে শোষণ করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$S+O_2 = SO_2 ; \text{ বা, } 4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

$$2SO_2+O_2 \underset{\text{উচ্চতাপ}}{\overset{\text{অনুঘটক}}{=}} 2SO_3 ; \quad 2SO_3+2H_2O=2H_2SO_4$$

অক্সিজেনের সহিত সালফার ডায়ক্সাইডের জারণ বিক্রিয়াটি তীব্র তাপদায়ী বিক্রিয়া।

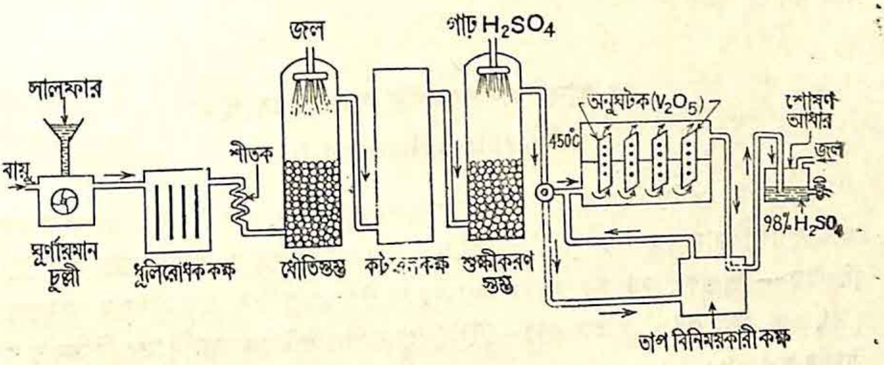
$$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45{,}000 \text{ ক্যালোরি}$$

লে শাটেলিয়র নীতি অনুযায়ী, পূর্বোক্ত বিক্রিয়ার সম্মুখমুখী বিক্রিয়া বা সালফার ট্রায়ক্সাইডের পরিমাণ বৃদ্ধি করিতে গেলে বিক্রিয়ায়, (i) বর্ধিত মাত্রায় অক্সিজেনের উপস্থিতি, (ii) উচ্চচাপ ও (iii) নিম্ন উষ্ণতা প্রয়োজন। প্রকৃতক্ষেত্রে, সংস্পর্শ পদ্ধতিতে SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য (i) $SO_2 : O_2$-এর $2 : 3$ আয়তনিক অনুপাত, (ii) সাধারণ বায়ু চাপ ও (iii) উষ্ণতা 450°C অনুসরণ করা হয়। নিম্নতর উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি অতি শ্লথগতি হয় ও উচ্চতর উষ্ণতায় SO_3-এর বিয়োজন ঘটিয়া উহার মাত্রা হ্রাস পায়। 450°C উষ্ণতাটি প্রকৃষ্ট উষ্ণতারূপে (optimum temperature) ব্যবহার করা হয়। এই উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি অপেক্ষাকৃত দ্রুতগতি ও উৎপন্ন SO_3-এর বিয়োজনও কম। এই উষ্ণতায়, বিক্রিয়াটি আরও দ্রুতগতিতে স্বল্প সময়ে সম্পন্ন করিতে অনুঘটকের প্রয়োজন হয়। সংস্পর্শ পদ্ধতিতে অনুঘটকরূপে প্লাটিনাম*, অথবা ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইডই মূলতঃ ব্যবহার হয়। প্লাটিনাম উৎকৃষ্টতম অনুঘটক হইলেও, বিক্রিয়াকারী SO_2 ও O_2-এর মধ্যে ধূলিকণা, ও নানা অপদ্রব্যের উপস্থিতি থাকিলে—ইহার বিষক্রিয়া ঘটিয়া, সহজেই ইহার সক্রিয়তা নষ্ট হয়। সেইজন্য ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইড অনুঘটকটি আধুনিককালে ব্যবহার হয়।

---

* ইহা নানারূপে ব্যবহৃত হয়, যথা—প্লাটিনাম তারজালি (platinum gauze), প্লাটিনাম প্রলিপ্ত সিলিকা জেল, প্লাটিনাম প্রলিপ্ত ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ইত্যাদি।

পদ্ধতির বর্ণনা—চিত্রে (17·4) পদ্ধতিটির ক্রমপর্যায় ও যন্ত্রসজ্জা দেখানো হইয়াছে। প্রথমে বিশুদ্ধ সালফার (বা আয়রন পিরাইটিস) ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে দহন করা হয়; চুল্লী হইতে নির্গত গ্যাসে 8% সালফার ডায়ক্সাইড, 10% অক্সিজেন ও অবশিষ্টাংশ নাইট্রোজেন থাকে। এই মিশ্র গ্যাসকে প্রথমে একটি ধূলিরোধক কক্ষে



চিত্র 17·4

ধূলিমুক্ত করা হয় ও পরবর্তী অংশে একটি লেড নির্মিত শীতক-নলে শীতল করা হয়। পরে, গ্যাস-মিশ্রটি একটি জলধৌতি স্তম্ভে প্রবেশ করে; ইহা ফ্লিন্ট-পাথর টুকরা দ্বারা পূর্ণ ও উপর হইতে জলের ধারাস্রাব করানো হয়, ফলে ধূলিকণাগুলি সিক্ত হইয়া থিতাইয়া যায়। ধৌতিস্তম্ভ হইতে নির্গত গ্যাস ইহার পর একটি তড়িৎ-বিভবযুক্ত কক্ষে প্রবেশ করানো হয়; এই কক্ষটির নাম 'কটরেল কক্ষ' (Cottrel precipitator); এই কক্ষে গ্যাস-মিশ্র সম্পূর্ণরূপে ধূলিমুক্ত হয়।

ধূলিমুক্ত গ্যাস ইহার পর একটি শুষ্কীকরণ স্তম্ভে প্রবেশ করে; এই স্তম্ভটি কোকপূর্ণ থাকে ও উপর হইতে গাঢ় H_2SO_4 ধারাস্রাব করানো হয়; ফলে গ্যাস-মিশ্র শুষ্ক হইয়া যায়। শুষ্ক বিশুদ্ধ গ্যাস-মিশ্র ইহার পর সংস্পর্শ প্রকোষ্ঠে (450°C-এ নিয়ন্ত্রিত) প্রবেশ করে। এই কক্ষে লম্ব কয়েকটি নলের মধ্যে অনুঘটক চূর্ণ (প্লাটিনাম বা ভ্যানেডিয়াম পেন্টক্সাইড) থাকে; ইহার মধ্য দিয়া চালিত হইবার সময় গ্যাস-মিশ্রের SO_2 ও O_2 বিক্রিয়ায় SO_3-তে পরিণত হয়। বিক্রিয়া-উদ্ভূত তাপে এই SO_3, উষ্ণ অবস্থায় থাকে।

উৎপন্ন উষ্ণ SO_3 কক্ষ হইতে নির্গত হইয়া একটি তাপবিনিময়কারী কক্ষ* ঘুরিয়া, শোষণ আধারে পৌঁছায়। শোষণ আধারে গাঢ় H_2SO_4 (98%) থাকে, এই গাঢ় H_2SO_4-এর সংশ্লিষ্ট সামান্য জলই (2%) SO_3-কে শোষণ করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। ফলে আধারের সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়তা বাড়িয়া

* পরবর্তী পর্যায়ে, সংস্পর্শ প্রকোষ্ঠে প্রবেশের পূর্বে, বিক্রিয়াকারী গ্যাস-মিশ্রকে এই তাপ-বিনিময়কারী কক্ষের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া লইলে, উহা বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় উষ্ণতায় উত্তপ্ত হইয়া যায়।

যায় ; সালফার ট্রায়কসাইডের শোষণের পাশাপাশি একইকালে আধারে উপযুক্ত মাত্রায় জল যোগ করিয়া আধারের H_2SO_4-এর গাঢ়তাকে 98% মাত্রায় নিত্য রাখা হয়।

[SO_3-কে শুধু জলে শোষণ করিলে উহা ঘন কুয়াশার মত সালফিউরিক অ্যাসিডের সূক্ষ্মকণা সৃষ্টি করে বলিয়া জলের পরিবর্তে গাঢ় H_2SO_4 (98%) শোষকরূপে ব্যবহার করা হয়।]

সুপার ফসফেট অফ লাইম
(Superphosphate of lime)

ফসফেট শ্রেণীর সারগুলির মধ্যে, 'সুপারফসফেট অফ্ লাইম' একটি গুরুত্বপূর্ণ সার। 'মনোক্যালসিয়াম ফসফেট [$Ca(H_2PO_4)_2$ ও ক্যালসিয়াম সালফেটের ($CaSO_4$) মিশ্র'কে—সুপারফসফেট অফ্ লাইম বলা হয়। ইহা প্রাকৃতিক ক্যালসিয়াম ফসফেটের (বা, রক্ ফসফেট) সহিত 65—70% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার দ্বারা উৎপন্ন করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 + 4H_2O = Ca(H_2PO_4)_2 + 2(CaSO_4.2H_2O)$$

এই বিক্রিয়ায় দ্রাব্য মনোক্যালসিয়াম ফসফেটের ($CaHPO_4$) সহিত অল্প পরিমাণ ডাইক্যালসিয়াম ফসফেটও উৎপন্ন হয়।

শিল্প প্রস্তুতির জন্য, একটি ঢালাই লোহার পাত্রে রক্ ফসফেটের সূক্ষ্ম চূর্ণের সহিত গাঢ় H_2SO_4 দ্রুত মিশ্রিত করিয়াই, উহাকে আরেকটি পাত্রে ঢালিয়া 24 ঘণ্টা রাখিয়া দেওয়া হয়। এই সময়ে মূল বিক্রিয়াটি ঘটে ও নানাবিধ গ্যাস (CO_2, HCl, SiF_4) মিশ্রটি হইতে নির্গত হইয়া যায়। ইহার পর মিশ্রটিকে, গ্রাহক পাত্রে স্থানান্তর করা হয়। প্রস্তুতির 8—10 সপ্তাহ পরে, ইহাকে সাররূপে ব্যবহার করা বিধেয়।

কোল-গ্যাস

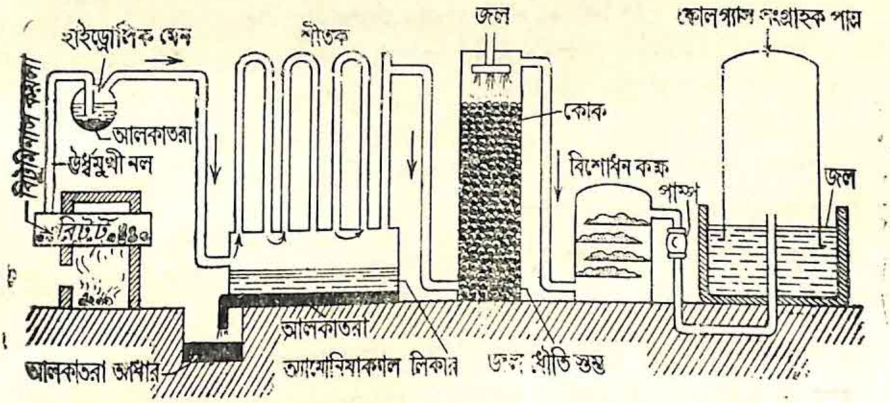
প্রাকৃতিক সাধারণ কয়লাকে, আবদ্ধ পাত্রে অন্তর্ধূম পাতন করিলে উহা হইতে নানা উদ্বায়ী পদার্থ নির্গত হইয়া যায় ও অবশিষ্টরূপে কঠিন কোক পড়িয়া থাকে। এই প্রক্রিয়াটিকে, 'কয়লার অঙ্গারী করণ' বা 'কার্বনাইজেশন অফ কোল' (Carbonisation of coal) বলা হয়। এই প্রক্রিয়াটি—উচ্চ তাপে (1200°—1400°C) ও নিম্নতাপে (600°– 650°C) দুই ভাবে করা যায়। 'উচ্চতাপে অঙ্গারীকরণে' (High Temperature Carbonisation)—উদ্বায়ী অংশের মাত্রা বেশী পাওয়া যায়, এবং 'নিম্নতাপে অঙ্গারীকরণে' (Low Tempзrature Carbonisation)—উদ্বায়ী অংশের মাত্রা কম পাওয়া যায়।

কয়লার উচ্চতাপে অঙ্গারীকরণের ফলে, জ্বালানীরূপে ব্যবহার্য যে গ্যাস-মিশ্র পাওয়া যায়, উহাকে **কোল-গ্যাস** (Coal gas) বলা হয়।

● **কোল-গ্যাসের উপাদান :** কোল-গ্যাস মূলতঃ কয়েকটি জ্বালানী গ্যাসের মিশ্র। কোল-গ্যাসে শতকরা আয়তনিক অনুপাতে যে বিভিন্ন উপাদানগুলি বর্তমান থাকে তাহা নিম্নরূপ—

উপাদানের নাম	উপাদানের সংকেত	আয়তনিক শতকরা মাত্রা	উপাদানের প্রকৃতি
হাইড্রোজেন	H_2	45—50	দাহ্য ; দহনকালে তাপ দায়ী। কিন্তু আলোকদায়ী নয়।
মিথেন	CH_4	30—50	
কার্বন মনোক্সাইড	CO	5—10	
ইথিলিন	C_2H_4	2—2·5	দাহ্য ; দহনকালে তাপদায়ী এবং আলোকদায়ী।
অ্যাসিটিলিন	C_2H_2		
বেনজিন	C_6H_6		
নাইট্রোজেন	N_2	2—10	অদাহ্য।
কার্বনডায়ক্সাইড	CO_2	0·2	
অক্সিজেন	O_2	0·1	
হাইড্রোজেন সালফাইড	H_2S	নগণ্য	

● **কোল-গ্যাসের উৎপাদন**—কোল-গ্যাসের উৎপাদনে—চিত্র নং 17·5, যন্ত্রসজ্জাটি ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রসজ্জায় ফায়ার-ক্লে (fire clay) নির্মিত এক বা একাধিক অনুভূমিক* রিটর্টে বিটুমিনাস কয়লা লওয়া হয় ও এইগুলিকে আবদ্ধ অবস্থায় প্রোডিউসার গ্যাস জ্বালাইয়া চুল্লীতে 1200°—1400°C উত্তপ্ত করা হয় ; ফলে, কয়লা



চিত্র নং 17·5

হইতে উদ্বায়ী পদার্থ নির্গত হইয়া লৌহ নির্মিত উর্ধ্বমুখী নল (ascension pipe) পথে বাহির হইয়া আসে।

* আধুনিক গ্যাস কারখানায়, অনুভূমিক রিটর্টের পরিবর্তে উল্লম্ব (vertical) এক বা একাধিক রিটর্ট ব্যবহৃত হয়।

উর্ধ্বমুখী নলটি একটি গোলকের সহিত যুক্ত; এই গোলকটিকে হাইড্রোলিক মেন (hydraulic main) বলা হয়। নির্গত গ্যাস হাইড্রোলিক মেনে প্রবেশ শীতল করিয়া হয় (60°C) ও কম-উদ্বায়ী কিছু আলকাতরাজাতীয় পদার্থ ইহাতে জমিয়া যায়।

হাইড্রোলিক মেন হইতে নির্গত গ্যাস কতকগুলি শীতক-নলে (condenser) প্রবেশ করে; শীতক-নলগুলির নিম্নাংশে একটি আধার থাকে; শীতকে প্রবিষ্ট গ্যাস, শীতল হইবার ফলে—উহা হইতে কম-উদ্বায়ী অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার ও নানা কার্বন যৌগের মিশ্ররূপে উদ্ভূত আলকাতরা, আধারে যথাক্রমে উপরে জলীয়াংশরূপে ও নীচে কালো গাঢ় তরল পদার্থরূপে জমে। আলকাতরা অংশটিকে আলকাতরার পৃথক আধার (tar-well) হইতে সংগ্রহ করা হয়।

শীতক-নল হইতে নির্গত শীতল কোল-গ্যাসের মধ্যে কতকগুলি অবাঞ্ছিত গ্যাসীয় পদার্থ H_2S, CS_2, HCN ইত্যাদি থাকে। এগুলি দূরীভূত করার জন্য, গ্যাস-মিশ্রকে একটি কোকপূর্ণ জলধৌতি স্তম্ভের (scrubber) মধ্যে প্রবেশ করানো হয় ও উপর হইতে জলের ধারাস্রাব করানো হয়; ফলে, অনেক অবাঞ্ছিত গ্যাস দ্রাব্য হইয়া দূরীভূত হয়।

ইহার পরে গ্যাস-মিশ্রকে 'বিশোধন কক্ষে' প্রবিষ্ট করানো হয়; বিশোধন কক্ষে ট্রে'র (tray) উপর 'আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড', কলিচুন [$Ca(OH)_2$] এবং ক্ষার-মিশ্রিত $FeSO_4$ রাখা থাকে; গ্যাস-মিশ্র বিশোধকগুলির সংস্পর্শে আসিয়া H_2S ও HCN হইতে মুক্ত হয়—

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + 2H_2S = Ca(HS)_2 + 2H_2O$$
$$Ca(HS)_2 + CS_2 = \underset{\text{ক্যালসিয়াম থায়োকার্বনেট}}{CaCS_3} + H_2S$$
$$HCN + NaOH = NaCN + H_2O$$
$$6NaCN + FeSO_4 = \underset{\text{সোডিয়াম ফেরোসায়ানাইড}}{Na_4Fe(CN)_6} + Na_2SO_4$$

বিশোধন কক্ষ হইতে পাম্প যোগে চালিত বিশুদ্ধ কোল-গ্যাস—জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

ওজন অনুপাতে কয়লার 17% কোল-গ্যাসে, 5% আলকাতরায়, 8% অ্যামোনিয়াক্যাল লিকারে ও 70% কোকে পরিণত হয়।

1 টন কয়লা হইতে, আনুমানিক 10,000 ঘনফুট কোল-গ্যাস পাওয়া যায়।

☐ **ব্যবহার:** ইলেকট্রিক আলোর ব্যবহারের পূর্বে কোল-গ্যাস পথ ও গৃহের আলো উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত হইত। বর্তমানে ইহা জ্বালানীরূপে ও বিজারক পদার্থরূপে শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

কোল-গ্যাস শিল্পের উপজাত পদার্থ:

1. কোল টার (**Coal tar**) **বা আলকাতরা**—ইহা জৈব যৌগগুলি উৎপাদনের জন্য মূল্যবান কাঁচা মাল। ইহার পাতন হইতে বেনজিন, টলুইন, ন্যাপথালিন, ফিনোল

পাওয়া যায় এবং এই পাতনজাত পদার্থগুলি নানা শিল্পের (যথা—রঞ্জক, ঔষধ, গন্ধ দ্রব্য, বিস্ফোরক প্রভৃতির) উপাদান। আলকাতরা, মরিচারোধক রং হিসাবেও ব্যবহৃত হয়। আলকাতরার পাতন-অবশেষ **পীচ** (pitch) নামে পরিচিত ; ইহা রাস্তা তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

2. **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার**—ইহা অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ। ইহা হইতে অ্যামোনিয়া দ্রবণ ও অ্যামোনিয়াম সালফেট সার প্রস্তুত করা হয়।

3. **স্পেণ্ট অক্সাইড অফ আয়রন***—ইহা হইতে কয়লাজাত সালফার পুনরুদ্ধার করা হয়।

4. **সোডিয়াম ফেরোসায়ানাইডযুক্ত ফেরাস সালফেট**-ইহা হইতে পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড ও পটাশিয়াম সায়ানাইড প্রস্তুত করা হয়।

5. **স্পেণ্ট অক্সাইড অফ লাইম** বা **গ্যাস লাইম** (Gas lime)—ইহা সাররূপে চাষে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. অ্যামোনিয়ার শিল্পপ্রস্তুতিতে অনুসৃত হেবার পদ্ধতির একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ, চিত্রযোগে আলোচনা কর।

2. নাইট্রেট লবণ হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পপ্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে, গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় না কেন ?

3. অ্যামোনিয়ার জারণ দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পপ্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই প্রস্তুতিকালে, যে যে বিক্রিয়াগুলি ঘটে সমীকরণ সহ সেই বিক্রিয়াগুলি লিখ। বিক্রিয়াকালে অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের সহিত অনুঘটকের দীর্ঘ সংস্পর্শ ঘটিলে—উৎপন্ন পদার্থটি কি এবং কেন হয় ?

4. 'সংস্পর্শ পদ্ধতি'তে সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদনে যে বিক্রিয়াটি ঘটান হয় ভৌত-রাসায়নিক তত্ত্বের বিচারে উহার আলোচনা কর। সংস্পর্শ পদ্ধতির চিত্রযোগে একটি বর্ণনা দাও।

5. 'কোলগ্যাস' কি ? কোলগ্যাস উৎপাদনে যে পদ্ধতি ব্যবহৃত হয় চিত্রযোগে উহার একটি আলোচনা কর। কোলগ্যাস উৎপাদনকালে প্রধান উপজাত পদার্থগুলি ও উহাদের ব্যবহার লিখ।

6. টীকা লিখ :

(i) কোলগ্যাস প্রস্তুতির উপজাত পদার্থ হইতে অ্যামোনিয়া নিষ্কাশন ; (ii) অ্যামোনিয়াম সালফেট ; (iii) ইউরিয়া ; (iv) সুপার ফসফেট অফ লাইম ; (v) স্পেণ্ট অক্সাইড অফ লাইম বা গ্যাস লাইম ; (vi) স্পেণ্ট অক্সাইড অফ্ আয়রন ; (vii) কোল টার ; (viii) কয়লার অঙ্গারীকরণ (Carboinsation of Coal)।

---

* H_2S শোষণের পর যে Fe_2S_3 উৎপন্ন হয়—উহাকে আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে রাখিলে, উহা পুনরায় আর্দ্র Fe_2O_3-তে পরিণত হয় ও ব্যবহারযোগ্য হইয়া ওঠে।

$$2Fe_2S_3 + 6H_2O + 3O_2 = 4Fe(OH)_3 + 6S$$

উৎপন্ন S, Fe_2O_3-এর সহিত যুক্ত থাকে। এইভাবে বারম্বার ব্যবহৃত Fe_2O_3-তে সঞ্চিত S-এর পরিমাণ 50% হইলে, উহাকে—'স্পেণ্ট অক্সাইড অফ আয়রন' (Spent oxide of iron) বলা হয়। ইহা কয়লা হইতে প্রাপ্ত, সালফারের উৎসরূপে ব্যবহার্য।

বিবিধ প্রশ্নাবলী—1

(A) সঠিক উত্তরটি চিহ্নিত কর ✓ঃ

1. দাহ্য বস্তুর দহনে
   (a) দাহ্যতা বস্তুর অবস্থার উপর নির্ভর করে—
   (b) দহনের জন্য সর্বদাই বায়ুর প্রয়োজন—
   (c) দাহ্য বস্তুর কেবলমাত্র অবস্থা পরিবর্তিত হয়—
   (d) সর্বদাই তাপ উদ্ভূত হয়—

2. দুই বা ততোধিক পদার্থ সংযুক্ত হইয়া
   (a) সর্বদাই মিশ্রপদার্থ উৎপন্ন করে—
   (b) সর্বদাই যৌগ পদার্থ উৎপন্ন করে—
   (c) মিশ্র ও যৌগ উভয় পদার্থই উৎপন্ন করিতে পারে—

3. রাসায়নিক বিক্রিয়ার কালে বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থসমূহের মোট ওজন, বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বা পদার্থসমূহের মোট ওজনের তুলনায়—
   (a) সর্বক্ষেত্রেই কম হয়—
   (b) সর্বক্ষেত্রেই বেশী হয়—
   (c) কখনোই সমান হয় না—
   (d) সর্বক্ষেত্রেই সমান হয়—

4. দুইটি মৌল রাসায়নিক সংযোজন কালে যে অনুপাতে সংযুক্ত হয়, ঐ অনুপাত উহাদের—
   (a) যোজ্যতার অনুপাত—
   (b) তুল্যাংকভারের অনুপাত—
   (c) পারমাণবিক ওজনের অনুপাত—
   (d) তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে অধিকৃত স্থানের অনুপাত—

5. মৌলের যোজ্যতা বলিতে নিম্নলিখিত অনুপাত বুঝায়—
   (a) পারমাণবিক ওজন/তুল্যাংকভার—
   (b) আণবিক ওজন/পারমাণবিক ওজন—
   (c) তুল্যাংকভার/আণবিক ওজন—

6. একটি ধাতুর সালফেটের সংকেত MSO_4 ; উহার ফসফেটের সংকেত—
   (a) MPO_4—
   (b) $M_3(PO_4)_2$—
   (c) $M_2(PO_4)_3$—
   (d) M_2PO_4—

7. গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন বলিতে বুঝায়—
   (a) 1 গ্রাম গ্যাসের অধিকৃত আয়তন —
   (b) $6·02 \times 10^{23}$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন —
   (c) 22·4 গ্রাম গ্যাসের আয়তন —
   (d) 1 গ্রাম-অণু ওজনের গ্যাসের আয়তন —

   (I. I. T. '72)

8. 100 মি. লি. গ্যাসের নিত্যচাপে 100° সেন্টিগ্রেড হইতে উত্তপ্ত করিয়া উহার আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। এই গ্যাসটির উষ্ণতা—
   (a) 200°C —
   (b) 473°C —
   (c) 746°C —
   (d) 50°C —

   (I. I. T. '74)

9. একটি গ্যাসের ঘনত্ব দ্বিতীয় আরেকটি গ্যাস অপেক্ষা 4 গুণ। প্রথম গ্যাসটির আণবিক ওজন M হইলে, দ্বিতীয়টির আণবিক ওজন—
   (a) 4M — (b) M/4 — (c) 2M — (d) M/2 —।

10. একটি গ্যাসের ব্যাপনহার দ্বিতীয় একটি গ্যাসের তুলনায় 2 গুণ : প্রথম গ্যাসের বাষ্পঘনত্ব 2 হইলে, দ্বিতীয় গ্যাসটির আণবিক ওজন—

(a) 4 — (b) 8 — (c) 16 — (d) 24 — (e) 32 —

11. $A+B \rightleftharpoons C+D$ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক বলিতে বুঝায়—

(a) $[A] \times [B] \times [C] \times [D]$ —

(b) $[C]+[D]/[A]+[B]$ —

(c) $[C]\times[D]/[A]\times[B]$ —

(d) $[A]\times[B]/[C]\times[D]$ —

12. 2 আয়তন ওজোন সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত হইলে, উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন হইবে—

(a) 2 আয়তন — (b) 3 আয়তন — (c) 6 আয়তন —

13. নিত্যস্ফুটন মিশ্রের স্ফুটন কালে—

(a) উষ্ণতা নিত্য থাকে — (b) চাপ নিত্য থাকে — (c) মিশ্রের উপাদানগুলির অনুপাত নিত্য থাকে — (d) মিশ্রের উপাদানগুলি পৃথক ভাবে বাষ্পীভূত হয় —

(B) উপযুক্ত শব্দ যোগে পূরণ কর :—

1. — বিশ্লেষণে সরলতর পদার্থে পরিণত হয়।
2. পদার্থের যে কণাগুলির বাস্তব ও স্বাধীন অস্তিত্ব আছে উহাদের — বলা হয়।
3. একই — ও — সম আয়তন যে কোন প্রকার গ্যাসে সর্বদাই সমসংখ্যক — থাকে।
4. পদার্থের চূড়ান্ত ও অবিভাজ্য কণাকে — বলা হয়।
5. নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলি বাদে অন্য গ্যাসগুলির অণু — ।
6. N. T. P'তে কোন গ্যাসের — ওজনগুলির আয়তন একই এবং এই আয়তনের পরিমাণ — ।
7. N. T. P'তে সমআয়তন গ্যাসে, সমসংখ্যক — থাকে।
8. — অণুর ওজন, পদার্থের গ্রাম আণবিক ওজনের সমান।
9. যৌগের রাসায়নিক বিশ্লেষণে নির্ণীত মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার ভিত্তিতে যৌগের যে সংকেত পাওয়া যায়, উহাকে যৌগের — বলা হয়।
10. কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে উহাদের পারমাণবিক ওজন ও আপেক্ষিক তাপের গুণফল সর্বদাই — বা উহার কাছাকাছি সংখ্যা।
11. দুইটি — পদার্থের মধ্যে — পরমাণু একই ভাবে যুক্ত থাকিয়া একই প্রকার কেলাস উৎপন্ন করে।
12. — অম্ল ও ক্ষারের সহযোগে উৎপন্ন লবণের আর্দ্রবিশ্লেষের ফলে ঐ লবণের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী হয়।

(C) ভুল উত্তরটি '×' চিহ্নিত কর :

1. ভৌত পরিবর্তনে তাপ উদ্ভূত হয় —
2. যৌগের উৎসভেদে মৌল উপাদানগুলির অনুপাত বিভিন্ন হয়—
3. যৌগভেদে মৌলের পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন হয় —
4. অম্লমাত্রেরই আবশ্যিক উপাদান অক্সিজেন —
5. স্ট্যাণ্ডার্ড দ্রবণে, গ্রাম-আণবিক ওজনের দ্রাব, 1 লিটার দ্রাবে দ্রবীভূত থাকে —
6. অণু-মাত্রেই একই বা একাধিক মৌলের অন্ততঃ দুইটি পরমাণুর সমষ্টি —
7. নাইট্রোজেনের সকল অক্সাইডই অম্লধর্মী —
8. মৌলের পরমাণু বা আয়ন হইতে ইলেকট্রন বিযুক্ত হওয়ার ফলেই জারণ ঘটে —
9. নিত্যচাপে উষ্ণতাবৃদ্ধির সহিত গ্যাসের ঘনত্ব কমে —

10. সাধারণ তাপদায়ী বিক্রিয়ায় বহিঃপ্রযুক্ত তাপের বৃদ্ধি ঘটিলে, তাপদায়ী বিক্রিয়াটি হ্রাস পায় —
11. রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় রাসায়নিক বিক্রিয়া স্তব্ধ হইয়া যায় —
12. রাসায়নিক সাম্যাবস্থায়, অনুঘটক প্রযুক্ত হইলে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার বাড়ে —
13. একই ওজনের পরমাণু একই মৌলের ধর্ম বহন করে —
14. যৌগে বিভিন্ন শ্রেণীর পরমাণুর সংখ্যানুপাত সর্বদাই সরল অনুপাত —

(D) যুক্তিসহ সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর :—

1. সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে নিম্নোক্ত কোন্ কোন্ ধাতুগুলি ব্যবহার্য—
   Fe, Al, Cu, Pb, Mg, Hg.
2. ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে কার্বন ডায়ক্সাইড প্রস্তুত কালে কোন্ কোন্ অ্যাসিড ব্যবহার্য—
   H_2SO_4, HCl, HNO_3, H_3PO_4,
3. ফেরাস সালফাইড হইতে H_2S প্রস্তুতিকালে কোন্ কোন্ অ্যাসিড ব্যবহার্য—
   H_2SO_4, HCl, HNO_3.
4. সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে HCl প্রস্তুতিকালে কোন্ অ্যাসিড ব্যবহার্য—
   H_2SO_4, HNO_3.
5. HCl, NH_3, SO_2, H_2S—এই গ্যাসগুলির অনার্দ্রকরণের জন্য নিম্নের কোন্ অনার্দ্রকারী পদার্থগুলি যথাক্রমে ব্যবহার্য—
   কঠিন KOH, গলিত $CaCl_2$, গাঢ় H_2SO_4, কঠিন P_2O_5
6. কিরূপে প্রমাণ করা যাইবে—
   (a) সালফিউরিক অ্যাসিডে S, H ও O আছে ?
   (b) নাইট্রিক অ্যাসিডে N, H ও O আছে ?
   (c) কার্বন ডায়ক্সাইডে C এবং O আছে ?
   (d) পটাশিয়াম ক্লোরেটে Cl এবং O আছে ?
7. প্রাকৃতিক উৎসের অশুদ্ধ খরজলকে সাধারণ উষ্ণতায় সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ জলে পরিণত করিতে কোন্ পদ্ধতিটি শ্রেয়—
   পারমুটিট পদ্ধতি, আয়ন বিনিময়কারী রেজিন পদ্ধতি, ক্যালগন পদ্ধতি, পাতন পদ্ধতি।
8. ওজোন অক্সিজেনের রূপভেদ না অক্সিজেন ওজোনের রূপভেদ ?
9. অ্যামোনিয়া, সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে অধিক উৎপাদনের জন্য কোন্ কোন্টিতে তাপ ও চাপ প্রয়োগ করা হয় ?

(E নিম্নোক্ত পদার্থগুলির উল্লিখিত ধর্মানুসারে সজ্জিত কর :

(i) $KClO_4$, HCl, $KClO_3$, (Cl-এর ক্রমবর্ধমান যোজ্যতা অনুসারে)
(ii) $CaSO_4$, $BaSO_4$, Na_2SO_4 (ক্রমহ্রাসমান দ্রাব্যতা অনুসারে)
(iii) $NaHCO_3$, $NaCO_3$, $CaCO_3$ (ক্রমবর্ধমান তাপীয় বিয়োজন অনুসারে)
(iv) Zn, Na, K (ক্রমহ্রাসমান তাড়িত রাসায়নিক পরাবিভব অনুসারে)
(v) Br, I, Cl (ক্রমবর্ধমান তড়িৎ ঋণাত্মককতা অনুসারে)
(vi) Al, Na, Fe, Cu (জলের সহিত বিক্রিয়ায় ক্রমবর্ধমান সক্রিয়তা অনুসারে)
(vii) NH_3, N_2, H_2O, O_2, Cl_2 (ক্রমবর্ধমান স্ফুটনাঙ্ক অনুসারে)
(viii) NO_2, K_2O, ZnO, PbO, MgO (ক্রমবর্ধমান ক্ষারকীয়তা অনুসারে)

(ix) গ্রাফাইট, Cu, S (ক্রমবর্ধমান তড়িৎ পরিবাহিতা অনুসারে)

(x) HNO_2, H_2S, H_2SO_3 (ক্রমহ্রাসমান বিজারণ ক্ষমতানুসারে)

(xi) AgCl, $PbCl_2$, NaCl (ক্রমবর্ধমান দ্রাব্যতা অনুসারে)

(xii) HCl, H_2SO_4, CH_3COOH
H_2SO_3 (অম্লের ক্রমবর্ধমান তীব্রতা অনুসারে)

(I. I. T. 70, 71, 72)

(F) K, C, O, H, S, এবং Cl এই মৌলগুলির দুইটি বা ততোধিকের মধ্যে সম্মিলনে উৎপন্ন কি যৌগের মধ্যে নিম্নোক্ত ধর্মগুলি লক্ষ্য করা যাইবে—

(i) যৌগটি দ্বিপরমাণুক, তড়িৎযোজী এবং গলিতাবস্থায় তড়িৎ পরিবাহী।
(ii) যৌগটি দ্বিপরমাণুক গ্যাস, বিষাক্ত এবং জলে প্রায় অদ্রাব্য।
(iii) যৌগটি দ্বিপরমাণুক গ্যাস, জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ তীব্র অম্ল।
(iv) যৌগটি ত্রিপরমাণুক গ্যাস, জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ মৃদু অম্ল।
(v) যৌগটি ত্রিপরমাণুক গ্যাস, জলে স্বল্প দ্রাব্য এবং রাসায়নিক বিশ্লেষণে বহুল ব্যবহৃত।

(I. I. T. '72)

(vi) যৌগটি ত্রিপরমাণুক গ্যাস, জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ মৃদু অম্ল।
(vii) যৌগিক ত্রিপরমাণুক গ্যাস, জলের স্বল্প দ্রাব্য এবং রাসায়নিক বিশ্লেষণে বহুল ব্যবহৃত।

(I. I. T. '74)

(G) 1. নিম্নের কোন ক্ষেত্রে বৃহত্তম সংখ্যক পরমাণু বর্তমান আছে—

(a) 0·50 গ্রাম অণু কপার
(b) $1{\cdot}0 \times 10^{23}$ পরমাণু কপার
(c) 0·635 গ্রাম কপার (I. I. T. '74)

2. নিম্নের কোন ক্ষেত্রে স্বল্পতম সংখ্যক অণু বর্তমান আছে—
(a) S. T. P' তে 11·2 লিটার SO_2.
(b) 1 মোল SO_2 গ্যাস
(c) 1×10^{23} অণু SO_2 গ্যাস। (I. I. T. '74)

(H) নিম্নে দুইটি গ্রুপ আছে, প্রথম গ্রুপের একটি পদার্থ নির্বাচন করিয়া অপর গ্রুপ হইতে উহার সহিত যথার্থ প্রযোজ্য বাক্যাংশটি সংযুক্ত কর—

গ্রাফাইট ও ডায়মণ্ড	সমাকৃতি
ডয়টেরিয়াম ও ট্রিটিয়াম	রূপভেদ
Na_2SO_4 ও Na_2SeO_4	আইসোটোপ
ক্যালগন	একটি গ্যাস
ফসজিন	আয়োডিনের উৎস
ফ্র্যাশ পদ্ধতি	জলের খরতা দূরীকরণের একটি পদ্ধতি
অ্যানথ্যাসাইট	অ্যামো নয়া উৎপাদনের পদ্ধতি
কেল্প	একজাতীয় কয়লা
বার্কল্যাণ্ড আইড পদ্ধতি	সালফার উৎপাদনের পদ্ধতি
হেবার পদ্ধতি	নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের পদ্ধতি

(b) যাহারা উত্তাপে ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডায়ক্সাইড ও অক্সিজেন দেয় ;

[*Ans* : $Pb(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$]

(c) যাহারা উত্তাপে ধাতু, নাইট্রোজেন অক্সাইড ও অক্সিজেন দেয় ;

[*Ans* ; $AgNO_3$, $Hg(NO_3)_2$]

বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লিখ।

5. কিরূপে প্রমাণ করিবে নিম্নোক্ত যৌগে উল্লিখিত মৌল / মৌলগুলি আছে—

যৌগ	মৌল
SO_2	S এবং O_2
CO_2	C
NH_3	N_2 এবং H_2
PH_3	P এবং H_2
H_2SO_4	H_2, S এবং O_2
HNO_3	H_2, N_2 এবং O_2
HCl	H_2 এবং Cl_2
H_2S	H_2 এবং S.

6. অম্ল এবং ক্ষার দ্রবণের টাইট্রেশনের শেষে দ্রবণ কি সর্বদাই যথার্থ প্রশমিত রূপে থাকে ?

[সংকেত : আর্দ্রবিশ্লেষ দ্রষ্টব্য]

7. নিম্নোক্ত মিশ্রগুলি হইতে, সামান্য পরিমাণ মিশ্র উপাদানটি কিরূপে মুক্ত করা যাইবে—

মিশ্র	সামান্য পরিমাণ মিশ্র উপাদান
CO_2—CO	CO
HCl—Cl_2	HCl
সাদা P ও লাল P	লাল P
P_2O_3—P_2O_5	P_2O_5
NO_2—N_2	NO_2
NO_2—N_2O	NO.

8. নিম্নোক্ত মিশ্রগুলিতে সামান্য পরিমাণে বর্তমান মিশ্র-উপাদান পদার্থটিকে কিরূপে সনাক্ত করা যাইবে—

মিশ্র	সামান্য পরিমাণে বর্তমান মিশ্র-উপাদান
HCl—Cl_2	Cl_2
বায়ু ও CO	CO
বায়ু ও NH_3	NH_3
MnO_2 ও C	C
H_2 ও O_2	O_2

9. (a) CO_2-কে কিরূপে CO'তে এবং CO'কে কিরূপে CO_2'তে পরিণত করা যাইবে ;

(b) NH_3-কে কিরূপে HNO_3'তে এবং HNO_3কে কিরূপে NH_3'তে পরিণত করা যাইবে ;

(c) NH_3-কে কিরূপে (i) ইউরিয়াতে (ii) $(NH_4)_2SO_4$ এতে ও (iii) $NaHCO_3$-তে পরিণত করা যাইবে ?

10. নিম্নে কয়েকটি গ্যাসের নাম দেওয়া হইল—

H_2, Cl_2, NH_3, HCl, H_2S এবং NO_2.

ঐ তালিকা হইতে নির্বাচন কর—

(i) এমন দুইটি গ্যাস, যাহারা বায়ু অপেক্ষা ভারী

(ii) এমন একটি গ্যাস, যাহা বায়ু অপেক্ষা হাল্কা ও বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত

(iii) এমন একটি গ্যাস যাহা বায়ু অপেক্ষা হাল্কা এবং দাহ্য
(iv) এমন দুইটি গ্যাস, যাহাদের বিশিষ্ট বর্ণ ও গন্ধ আছে
(v) এমন তিনটি গ্যাস, যাহাদের বিজারক ধর্ম আছে
(vi) এমন দুইটি গ্যাস, যাহারা জলে অতি-দ্রাব্য
(vii) এমন দুইটি গ্যাস, যাহাদের জারক ধর্ম আছে
(viii) এমন একটি গ্যাস, যাহার জারক ধর্ম ও জীবাণুনাশক ধর্ম আছে
(ix) এমন একটি গ্যাস, যাহা অম্ল-নিরুদক
(x) এমন একটি গ্যাস, যাহার দ্রবণ ক্ষারীয় অম্ল।

11. ব্যাখ্যা কর :—

(i) Zn লঘু অ্যাসিড হইতে H_2 কে প্রতিস্থাপন করে, কিন্তু Cu করে না।
(ii) Cl_2, KI-দ্রবণ হইতে I_2 কে প্রতিস্থাপন করে।
(iii) HF, কাচপাত্রে দাগ কাটে—HCl তাহা করেনা।
(iv) মৃদুজল সাবানের সহিত ফেনা করে, খরজল করেনা।
(v) লিটমাসের সহিত Na_2CO_3 দ্রবণ ক্ষারীয় বিক্রিয়া করে, কিন্তু NaCl দ্রবণের সহিত লিটমাসের কোন বিক্রিয়া নাই।
(vi) NaOH দ্রবণ কাচপাত্রে রাখিলে, পাত্রটি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।
(vii) NaOH-এর একটি কঠিন দণ্ড বায়ুর সংস্পর্শে প্রথমে তরল ও কয়েকমাস পরে সাদা চূর্ণে পরিণত হয়।
(viii) চিনির উপর গাঢ় H_2SO_4 যোগ করিলে কালো হইয়া যায়।
(ix) Al—Fe অপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক পদার্থ।
(x) গাঢ় H_2SO_4 জারক পদার্থ, কিন্তু H_2SO_3 বিজারক পদার্থ।
(xi) HNO_3 কেবলমাত্র জারক পদার্থ, কিন্তু HNO_2 জারক ও বিজারক ধর্ম উভয়ই প্রদর্শন করে।
(xii) $KMnO_4$ একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ।
(xiii) Ag_2O এবং CuO—উভয়ই জারক কিন্তু Na_2O-এর জারক ধর্ম নাই।
(xiv) NaBr-এর উপর উত্তপ্ত ও গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় HBr প্রস্তুত করা যায় না, কিন্তু NaCl এর উপর উত্তপ্ত ও গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় HCl প্রস্তুত করা যায়।
(xv) কঠিন BaO_2 এর পরিবর্তে, সামান্য জল যোগ করিয়া ক্বাথের (paste) মত করিয়া, H_2O_2 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
(xvi) সংস্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 উৎপাদন কালে, প্লাটিনামের পরিবর্তে, অনুঘটকরূপে প্লাটিনাম-প্রলিপ্ত অ্যাসবেস্‌টস্ ব্যবহার করা হয়।
(xvii) 'উজ্জীবিত অঙ্গার' (activated charcoal) একটি উত্তম শোষক পদার্থ।
(xviii) $HgCl_2$ দ্রবণে Cu দণ্ড প্রবিষ্ট করিলে, Cu দণ্ডের উপর Hg-এর প্রলেপ পড়ে।
(xix) পরীক্ষাগারে H_2 প্রস্তুতিতে বিশুদ্ধ Zn এর পরিবর্তে. Zn এর ছিবড়া ব্যবহৃত হয়।
(xx) পরীক্ষাগারে H_2S প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় ; HCl বা HNO_3 ব্যবহৃত হয় না।
(xxi) পরীক্ষাগারে CO_2 প্রস্তুতিতে লঘু HCl ব্যবহৃত হয় ; লঘু H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় না।

12. নিম্নলিখিত উক্তিগুলির যথার্থতা বিচার কর—

(i) H_2—অ্যাসিড, ক্ষার ও জল হইতে প্রস্তুত করা যায়
(ii) H_2SO_4 হইতে H_2O_2 প্রস্তুত করা যায়
(iii) Cl_2 এবং SO_2 উভয়েই বিরঞ্জক, কিন্তু বিরঞ্জন প্রক্রিয়া ভিন্ন
(iv) NH_3 কে, $CaCl_2$ যোগে শুষ্ক করা যায় না

(v) H_2S কে, গাঢ় H_2SO_4 যোগে শুষ্ক করা যায় না

(vi) MnO_2 একটি ডায়ক্সাইড কিন্তু BaO_2 একটি পারক্সাইড

(vii) 'উপাদানের নিত্যতা সূত্র' সর্বথা সত্য নয়

(viii) 'ভরের নিত্যতা সূত্র'—সর্বদাই সত্য

(ix) 'মিথোনুপাত সূত্র'কে, 'তুল্যাংক-অনুপাত সূত্র'ও বলা যায়

(x) হেবার পদ্ধতিতে NH_3 উৎপাদন ও অষ্টোয়াল্ড পদ্ধতিতে HNO_3 উৎপাদন—উভয় ক্ষেত্রেই একটি প্রকৃষ্ট উষ্ণতা অবশ্য ব্যবহার্য

(xi) অক্সিজেন ও ক্লোরিন সাধারণ উষ্ণতায় প্রস্তুত করা সম্ভব

(xii) ওজনযোগে NaOH এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত সম্ভব

13, নিম্নোক্ত ক্ষেত্রগুলিতে A, B, C ও D কে চিহ্নিত কর—(সম্ভাব্য স্থানে সমীকরণ লিখ)।

(i) একটি সাদা চূর্ণ (A) তীব্র উত্তাপে একটি গ্যাস দেয় (B) যাহা চূণজলকে ঘোলা করে; উত্তাপের পর অবশেষটি (C) উত্তপ্ত অবস্থায় ফিকা হলুদ, কিন্তু শীতল অবস্থায় সাদা।

[*Ans* : A – $ZnCO_3$; B – CO_2 ; C – ZnO]

(ii) A একটি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ, গলনাংক 44° C.; ইহাকে NaOH দ্রবণ যোগে উত্তপ্ত করিলে গ্যাস 'B' উদ্ভূত হয়—ইহা বায়ুতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া ওঠে; A-কে রৌদ্রালোকে রাখিলে ধীরে ধীরে লাল হয় কিন্তু 250° C. উত্তাপে অতি দ্রুত লাল হয়। [*Ans* : A—সাদা P ; B—PH_3]

(iii) একটি সাদা কেলাসিত পদার্থ (A) উত্তপ্ত করিলে একটি বাদামী গ্যাস (B) উদ্ভূত হয় এবং উত্তাপের শেষে অবশেষটি (C) উত্তপ্ত অবস্থায় বাদামী-লাল কিন্তু শীতলাবস্থায় হলুদ হয়।

[*Ans* : A—$Pb(NO_3)_2$; B—NO_2 ; C—PbO]

(iv) একটি কেলাসিত কঠিন পদার্থ (A) H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস (B) উদ্ভূত হয়; এই গ্যাস চূণজলকে ঘোলা করে, আবার $KMnO_4$ দ্রবণে চালনা করিলে দ্রবণটি বর্ণহীন হয়।

[*Ans* : A—Na_2SO_3 ; B—SO_2]

(v) একটি লবণ (A) NaOH সহ উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস (B) উদ্ভূত হয়; গ্যাসটি জলে অতিদ্রাব্য। গ্যাসটির জলীয় দ্রবণ, $FeCl_3$ দ্রবণে যোগ করিলে একটি বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ (C) পড়ে।

[*Ans* : A—NH_4Cl ; B—NH_3 ; C—$Fe(OH)_3$]

(vi) একটি লবণকে (A) MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত করিলে একটি সবুজাভ হলুদ গ্যাস (B) উৎপন্ন হয়; এই গ্যাস ষ্টার্চ-আয়োডাইড কাগজকে নীল করে। লবণটির দ্রবণে, $AgNO_3$ যোগ করিলে ছাড়াছাড়া সাদা অধঃক্ষেপ (C) উৎপন্ন হয়; অধঃক্ষেপটি HNO_3-তে অদ্রাব্য, কিন্তু অতিরিক্ত NH_4OH এ দ্রাব্য। [*Ans* : A—NaCl ; B—Cl_2 ; C—AgCl]

(vii) একটি সাদা চূর্ণকে (A) HCl যোগে বিক্রিয়া করিয়া একটি গ্যাস (B) উদ্ভূত হয়; এই গ্যাস $CuSO_4$ দ্রবণে চালনা করিলে কালো অধঃক্ষেপ (C) পড়ে।

[*Ans* : A—ZnS ; B—H_2S ; C—CuS]

(viii) একটি সাদা কঠিন পদার্থ (A) $Ca(OH)_2$ যোগে স্ফুটন করিলে একটি গ্যাস (B) উদ্ভূত হয়; এই গ্যাস $CuSO_4$ দ্রবণে চালনা করিলে প্রথমে একটি নীলাভ সাদা অধঃক্ষেপ (B) ও পরে গাঢ় নীল দ্রবণ (C) উৎপন্ন করে। [*Ans* : A—NH_4Cl ; B—$CuSO_4$, $Cu(OH)_2$; C—$[Cu(NH_3)_4]SO_4$]

(ix) একটি কালো কঠিন চূর্ণকে (A) NaCl ও গাঢ় H_2SO_4 যোগে উত্তপ্ত করিলে একটি সবুজাভ হলুদ গ্যাস (B) উৎপন্ন হয়। গ্যাসটি, লাইকার অ্যামোনিয়ায় চালিত করিলে N_2 উৎপন্ন করে। গ্যাসটি ফুটন্ত $Ca(OH)_2$ দ্রবণে চালনা করিলে যে যৌগগুলি উৎপন্ন হয়, উহার একটিকে (C) কঠিন অবস্থায় কালোচূর্ণের (A) সহিত উত্তপ্ত করিলে O_2 পাওয়া যায়।

[*Ans* : A—MnO_2 ; B—Cl_2 ; C—$NaClO_3$]

(x) একটি সোডিয়াম লবণ (A), কঠিন NH_4Cl এর সহিত উত্তপ্ত করিলে—N_2O উৎপন্ন হয়। ঐ একই লবণ, তীব্র উত্তপ্ত করিলে—একটি যৌগ (B) এবং O_2 দেয়। উৎপন্ন যৌগটি (B) NH_4Cl দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে, N_2 উদ্ভূত হয়। আবার সোডিয়াম লবণটি (A) NaOH দ্রবণ ও Zn-চূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস (C) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন গ্যাসটি (C), KOH যুক্ত K_2HgI_4 দ্রবণের সহিত বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। [*Ans* : A—$NaNO_3$; B—$NaNO_2$; C—NH_3]

(xi) একটি জলে অদ্রাব্য সবুজ চূর্ণ (A) উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস (B) উৎপন্ন করে ও একটি কালো অবশেষ (C) পড়িয়া থাকে। উৎপন্ন গ্যাসটি চুণজল ঘোলা করে। কালো অবশেষটিতে গাঢ় HCl যোগ করিলে সবুজ দ্রবণ (D) উৎপন্ন করে ; এই দ্রবণ লঘু করিলে নীল হয়। ঐ লঘু দ্রবণে একটি লোহার ছুরি নিমজ্জিত করিলে, ছুরির উপর লাল প্রলেপ (E) পড়ে। লঘু নীল দ্রবণে, অ্যামোনিয়ায় দ্রবণ যোগ করিলে, একটি নীলাভ সাদা অধঃক্ষেপ (F) পড়ে ; ঐ অধঃক্ষেপে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করিলে গাঢ় নীল দ্রবণ (G) হয় ; শেষোক্ত গাঢ় নীল দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে একটি ক্ষারীয় গ্যাস (H) উৎপন্ন হয়। [*Ans* : A—$CuCO_3$; B—CO_2 ; C—CuO ; D—$CuCl_2$; E—Cu ; F—$CuCl_2$,$Cu(OH)_2$, ; G—$[Cu(NH_3)_4]Cl_2$; H—NH_3]

শিক্ষার্থী ও পরীক্ষার্থীদের উদ্দেশ্যে

'শিক্ষার্থী' এবং 'পরীক্ষার্থী' কথা দুটি শব্দার্থেই ভিন্ন। বলা নিষ্প্রয়োজন যে বিজ্ঞান শিক্ষায়, শিক্ষার্থীদের কোনো সীমারেখা নির্দেশ করা যায় না এবং তা আদৌ উচিৎও নয়। কিন্তু যে বিজ্ঞান শিক্ষায়, শিক্ষান্তে পরীক্ষার সম্মুখীন হতে হয়, সেখানে 'পরীক্ষার্থী'দের কিছু নির্দেশ দেওয়া বাঞ্ছনীয়।

'শিক্ষার্থী'রা পাঠকালীন, বিষয়কে ভিত্তি করে শিক্ষা ও জ্ঞানকে যতো বিস্তৃত করতে পারবে ততোই কাম্য। এই উদ্দেশ্যে, ছাত্রছাত্রী একই বিষয়ে বিভিন্ন বই এবং সম্ভব হলে বিভিন্ন ভাষায় বিভিন্ন বই তুলনা করে পড়তে পারে। বিশেষ করে যারা বিষয়টির সম্বন্ধে ভালো করে পড়াশুনো করে ভালো ফল করতে চায়—তাদের তুলনামূলক পাঠ ও নতুন নতুন পয়েন্ট নোট করা অবশ্যই বাঞ্ছনীয়। তবে একটি বিষয় লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন মনে করি যে—পাঠক্রমের সীমার মধ্যেই পড়াশুনো ভালো ; এগারো-বারো ক্লাসের নানা প্রশ্নের উত্তরে, অনার্স বা তারো উচ্চতর পাঠক্রমের আলোকে ব্যাখ্যা বা আলোচনা জানা থাকলেও, তা প্রয়োগের সুযোগ কম। এ সম্বন্ধে যতো পরিশ্রম করা যায়, পরীক্ষায় সেই পরিপ্রেক্ষিতে ততোটা ফললাভ ঘটে না। বরং এগারো-বারোর পাঠ্য পুস্তকেই পরিশ্রম কেন্দ্রীভূত করলে ফললাভ সহজে ঘটবে বলে আমার ধারণা।

'রসায়ন' এমন একটি বিষয়, যা নিত্য পাঠের দ্বারা স্মৃতিধৃত না রাখলে, পরীক্ষায় ভালো ফল করা যায় না। বিশেষ করে, সমীকরণগুলি লিখে লিখে অভ্যাসে পরিণত করা দরকার। অংকগুলির ক্ষেত্রেও ঐ একই কথা। জানা অংক এবং করা অংকও, বারবার অভ্যাস না করলে, পরীক্ষায় ভুল হতে পারে।

রসায়নে একেকটি মূল বিষয় অধ্যয়নের পর মূল সারাংশ এবং গুরুত্বপূর্ণ অংশ নিজস্ব ভাষায় নোট লিখে অভ্যাস করতে পারলে ভালো হয় ; এতে পাঠ্য পুস্তকের ভাষা মুখস্থ করার ঝোঁক কমে, স্মৃতির ওপর চাপ কমে এবং লেখার অভ্যাস গড়ে ওঠে। পাঠ্য পুস্তকের ভাষা সমগ্রভাবে মুখস্থ করার অভ্যাস পরিহার করা বাঞ্ছনীয় হলেও, কোন কোন ক্ষেত্রে, যেমন সূত্রগুলির ক্ষেত্রে—রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলী বা নানা সংজ্ঞা এগুলির ক্ষেত্রে বইয়ের আক্ষরিক উপস্থাপনই যুক্তিযুক্ত।

সাধারণ পরীক্ষার্থীদের মধ্যে, একটি হতাশা প্রায় সার্বজনীন : তাদের ধারণায় তারা ভালই লিখেছে অথচ নম্বর পায় নি। আসলে, প্রশ্ন নির্বাচন কি ভাবে করলে ভাল হয় পরীক্ষকেরা প্রশ্নের সঠিক মূল্যায়ন কি ভিত্তিতে করেন, ইত্যাদি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়গুলির আলোচনাও একটি বিজ্ঞান, এবং সেগুলি হয়না বা হলেও সুস্পষ্ট বা স্বচ্ছ ধারণা সকলের ক্ষেত্রে হয় না। তারই ফলে, অনেক ক্ষেত্রে ছাত্র-'শিক্ষার্থী'রূপে প্রচুর পরিশ্রম করেও, 'পরীক্ষার্থী'রূপে সে বাঞ্ছিত ফল লাভে ব্যর্থ হয়।

পরীক্ষায় ভালো ফল করার কয়েকটি কথা বলা প্রাসংগিক মনে করি। যদিও পরীক্ষার্থীর মেধা ভেদে, একই নির্দেশ সকলের ক্ষেত্রে একইভাবে প্রযোজ্য নয়—তবু কয়েকটি কথা সাধাণভাবে মনে রাখা দরকার।

পরীক্ষায় স্পষ্ট, পরিচ্ছন্ন হস্তাক্ষর একটি বিশেষ বাঞ্ছনীয় গুণ বলাই বাহুল্য। পরীক্ষার আগে পাঠকালীন পাঠ্যপুস্তক থেকে বিষয়টির মূলগত ধারণা (fundamental conception) অবশ্যই স্বচ্ছ হওয়া দরকার। বিশেষ করে বর্তমান নানা পরীক্ষায়, সমগ্র বিষয়টি না জিজ্ঞাসা করে (যা মুখস্থ ভিত্তিক) ছোটো ছোটো বিষয়ভিত্তিক (objective) প্রশ্নের ওপরই ঝোঁক দেয়া হচ্ছে। মূলগত ধারণা স্বচ্ছ না থাকলে, সমগ্র পাঠ্যপুস্তক খুঁজেও এগুলির উত্তর পাওয়া যাবে না। যেমন, একটি উদাহরণ—

HNO_3 কেবলমাত্র জারক পদার্থ, কিন্তু HNO_2—জারক ও বিজারক উভয়রূপেই ক্রিয়া করে কেন?

এ প্রশ্নটি পড়েই এটি জারণ-বিজারণ বিষয়ের ওপর প্রশ্ন, এটি বোঝা যায়। জারণে জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি ও বিজারণে জারণ সংখ্যার হ্রাস হয়। এ পর্যন্ত পরীক্ষার্থীর মনে পড়লে, সে চিন্তা করবে HNO_3 তে N এর জারণ সংখ্যা $+5$, HNO_2 তে N-এর জারণ সংখ্যা $+3$। N এর সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা 5, তার বেশী আর বাড়া সম্ভব নয়, কেবলমাত্র কমতে পারে ; কমা অর্থে বিজারণ ; HNO_3 বিজারিতই হতে পারে মাত্র, অর্থাৎ সে জারক পদার্থ। কিন্তু HNO_2 তে N এর জারণ সংখ্যা $+3$; তা বেড়ে $+5$ ও হতে পারে, আবার কমতেও পারে $+3 \rightarrow O$ ইত্যাদি। অর্থাৎ বাড়লে সে বিজারক পদার্থ, কমলে সে জারক পদার্থ।

এমনিভাবে, 2নং **বিবিধ প্রশ্নের প্রশ্ন** 5—"**SO_2তে S আছে কিরূপে প্রমাণ করা যাইবে,**" প্রশ্নটি ধরা যাক্। যদি কারোর উত্তর হয়, SO_2 দ্রবণে H_2S চালনা করিলে S-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় : উহা যে S, তাহার প্রমাণ উহা CS_2-তে দ্রাব্য এবং দহনে কটূগন্ধী SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। উত্তরটি ভুল। কারণ এই প্রমাণে, এমন একটি বিকারক ব্যবহার করা হল (H_2S) যেখান থেকেই S আসতে পারে।

2নং বিবিধ প্রশ্নের প্রশ্ন 11(ii) Cl_2, KI হইতে I_2-কে প্রতিস্থাপিত করে—ব্যাখ্যা স্বরূপ উত্তরে 'Cl_2, I_2 অপেক্ষা অধিক সক্রিয়' এ উত্তর সাধারণ উত্তর। মৌলের পারস্পরিক প্রতিস্থাপন, তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণীতে অবস্থানের ভিত্তিতে হয় ; ঐ ধারণার আলোকে ব্যাখ্যাই সঠিক। আবার, বারো ক্লাসের শেষে, ঐ একই উত্তরে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ধারণা যুক্ত করে আরো তথ্যভিত্তিক করা যায়।

'সংক্ষিপ্ত টীকা'—এটি বহু ছাত্র উত্তর করে ; এই উত্তর, সংজ্ঞাভিত্তিক হলে সংজ্ঞাটি সঠিক হওয়া দরকার, এবং উদাহরণ দেওয়ার থাকলে অবশ্যই উদাহরণ দেয়া দরকার, নয়তো সম্পূর্ণ উত্তর হয়না।

উত্তর করে ভালো নম্বর পাওয়া যায়—এমন একটি প্রশ্ন ; **'বিক্রিয়াগুলিতে কি ঘটিবে** (What happens when)'। এটি প্রতিযোগিতামূলক পরীক্ষা (I. I. T., **Jt. Entr.**) এবং সাধারণ পরীক্ষাতেও এটি একটি অবশ্যম্ভাবী প্রশ্ন। এটির সঠিক উত্তরে, পরীক্ষার্থীকে লক্ষ্য রাখতে হবে—(i) কথায় বর্ণনা (ii) সঠিক সমীকরণ (iii) বিক্রিয়ার প্রকৃতি (জারণ-বিজারণ বিযোজন,, যুগ্ম প্রতিস্থাপন ইত্যাদি) এবং (iv) চাক্ষুষ পরিবর্তন

(বর্ণ, অধঃক্ষেপ, বা অধঃক্ষেপের দ্রাব্যতা ইত্যাদি)—সবগুলি অন্তর্ভুক্ত হল কিনা। কোনোটি না হলে, নম্বর কমে যায়।

উত্তর করে আর ভালো নম্বর পাওয়া যায়—অংকগুলিতে। সর্বাধিক সংখ্যায় অংকের প্রশ্নগুলি সঠিক এবং নির্ভুল উত্তর করতে পারলে—ভালো নম্বর ওঠে, পাতার পর পাতা বর্ণনামূলক বা কথা লেখার সময় বাঁচে। অংকের উত্তর করতে গেলে যে ফর্মূলা ব্যবহার করা হয়, তার সংকেতগুলির বর্ণনা অনেকে লেখেনা। এটি ত্রুটি। যেমন, $E=\frac{A}{V}$; এখানে E = তুল্যাংকভার, A = পাঃ ওঃ, V = যোজ্যতা, বলা দরকার।

অংকের রাফ্ ওয়ার্ক অবশ্যই দেখান দরকার এবং উত্তরে—নির্ণেয়টির একক (যদি থাকে) অবশ্যই উল্লেখ দরকার।

সমীকরণ, যথার্থ সমায়িত (balanced) না হলে, নম্বর পাওয়া যায় না।

যে কোন, প্রশ্নের উত্তরে, পরীক্ষার্থীর মনে রাখা দরকার—উত্তর সর্বদাই **সংহত ও সংক্ষিপ্ত** উত্তর দিতে হবে, ইংরেজীতে যাকে বলে precise and concise।

উত্তরের সময়, উত্তরপত্রে সুস্পষ্টভাবে প্রশ্নসংখ্যা এবং অংশ সংখ্যা [যেমন, Q.1 (a)] বড়ো করে লিখে, ব্যবধান রেখে উত্তর সুরু করতে হবে। বাঁদিকে যথেষ্ট মার্জিন এবং একটি প্রশ্নের পর আরেকটি প্রশ্নের উত্তরের মধ্যেও ব্যবধান রাখা, উত্তরপত্রকে পরিচ্ছন্ন করে তোলে। একই প্রশ্নের একাধিক অংশ থাকলে, প্রশ্নটি সুরুর পরই, বাকী অংশগুলির জন্য সম্ভাব্য ফাঁকা জায়গা (উত্তর মনে না পড়লে) তখনই রেখে যাওয়া বাঞ্ছনীয়। অর্থাৎ, প্রথম পাতায় Q.1 (a), তৃতীয় পাতায় Q.1 (c), নবম পাতায় Q.1 (b) এভাবে ছাড়া-ছাড়া উত্তর এলোমেলো ভাবে করা, চিন্তার সংহতির অভাব প্রকাশ করে। এটি না করাই ভাল।

পরীক্ষার্থী 'কি লিখেছে'র থেকে, পরীক্ষকের কাছে বড়ো যেটা সেটা হল 'কেমন করে লিখেছে'। এই 'কেমন করে লেখাটা' ঠিক লিখে বোঝানো যায় না, তা অনুশীলন সাপেক্ষ এবং পরীক্ষার্থীর মেধাভেদে অবশ্যই তার অদলবদল হয়। সংক্ষেপে, বিষয়টির কেবলমাত্র আলোচনার সূচনাই এখানে করলাম। সংশ্লিষ্ট শিক্ষকেরা, আরো মূল্যবান সংযোজন করে, পরীক্ষার্থীদের আত্মবিশ্বাস জাগাতে সাহায্য করবেন, এই আশা রইল।

Chart of Elements

Element	মৌল	চিহ্ন	পরমাণু ক্রমাংক	পারমাণবিক ওজন
Actinium	অ্যাক্টিনিয়াম	Ac	89	(227)
Aluminium	অ্যালুমিনিয়াম	Al	13	26·98
*Americium	অ্যামেরিসিয়াম	Am	95	(243)
Antimony	অ্যান্টিমনি	Sb	51	121·75
Argon	আরগন	Ar	18	39·95
Arsenic	আরসেনিক	As	33	74·92
Astatine	অ্যাস্টাটিন	At	85	(210)
Barium	বেরিয়াম	Ba	56	137·34
*Berkelium	বার্কেলিয়াম	Bk	97	(247)
Beryllium	বেরিলিয়াম	Be	4	9·012
Bismuth	বিসমাথ	Bi	83	208·98
Boron	বোরন	B	5	10·81
Bromine	ব্রোমিন	Br	35	79·91
Cadmium	ক্যাডমিয়াম	Cd	48	112·40
Caesium	সিসিয়াম	Cs	55	132·91
Calcium	ক্যালসিয়াম	Ca	20	40·08
*Californium	ক্যালফোর্নিয়াম	Cf	98	(251)
Carbon	কার্বন	C	6	12·01
Cerium	সিরিয়াম	Ce	58	140·12
Chlorine	ক্লোরিন	Cl	17	35·45
Chromium	ক্রোমিয়াম	Cr	24	52·00
Cobalt	কোবাল্ট	Co	27	58·93
Copper	কপার	Cu	29	63·54
*Curium	কুরিয়াম	Cm	96	(247)
Dysprosium	ডিসপ্রোসিয়াম	Dy	66	162·50
*Einsteinium	আইনস্টাইনিয়াম	Es	99	(254)
Erbium	আরবিয়াম	Er	68	167·26
Europium	ইউরোপিয়াম	Eu	63	151·96
*Fermium	ফের্মিয়াম	Fm	100	(253)
Fluorine	ফ্লোরিন	F	9	19·00
Francium	ফ্র্যান্সিয়াম	Fr	87	(223)
Gadolinium	গ্যাডোলিনিয়াম	Gd	64	157·25
Gallium	গ্যালিয়াম	Ga	31	69·72

* চিহ্নিত মৌলগুলি কৃত্রিম উপায়ে সংশ্লেষিত মৌল।

Element	মৌল	চিহ্ন	পরমাণু ক্রমাংক	পারমাণবিক ওজন
Germanium	জারমেনিয়াম	Ge	32	72·59
Gold	গোল্ড	Au	79	196·97
Hafnium	হাফনিয়াম	Hf	72	178·49
Helium	হিলিয়াম	He	2	4·003
*Hahnium	হ্যানিয়াম	Ha	105	260·00 (প্রস্তাবিত)
Holmium	হলমিয়াম	Ho	67	164·93
Hydrogen	হাইড্রোজেন	H	1	1·008
Indium	ইণ্ডিয়াম	In	49	114·82
Iodine	আয়োডিন	I	53	126·90
Iridium	ইরিডিয়াম	Ir	77	192·2
Iron	আয়রন	Fe	26	55·85
Krypton	ক্রপ্টন	Kr	36	83·80
*Kurchtovium	কুর্চটোভিয়াম	Ku	104	260·00 (প্রস্তাবিত)
Lanthanum	ল্যান্থানাম	La	57	138·91
*Lawrencium	লরেনসিয়াম	Lw	103	(257)
Lead	লেড	Pb	82	207·19
Lithium	লিথিয়াম	Li	3	6·94
Lutecium	লুটেসিয়াম	Lu	71	174·97
Magnesium	ম্যাগনেসিয়াম	Mg	12	24·31
Manganese	ম্যাঙ্গানিজ	Mn	25	54·94
*Mendelevium	মেণ্ডেলিভিয়াম	Md	101	(256)
Mercury	মারকারি	Hg	80	200·59
Molybdenum	মলিবডেনাম	Mo	42	95·94
Neodymium	নিয়োডিমিয়াম	Nd	60	144·24
Neon	নিয়ন	Ne	10	20·18
*Neptunium	নেপচুনিয়াম	Np	93	(237)
Nickel	নিকেল	Ni	28	58·71
Niobium	নাইয়োবিয়াম	Nb	41	92·91
Nitrogen	নাইট্রোজেন	N	7	14·007
*Nobelium	নোবেলিয়াম	No	102	(254)
Osmium	অসমিয়াম	Os	76	190·2
Oxygen	অক্সিজেন	O	8	16·00
Palladium	প্যালেডিয়াম	Pd	46	106·4
Phosphorus	ফসফোরাস	P	15	30·97
Platinum	প্লাটিনাম	Pt	78	195·09

Element	মৌল	চিহ্ন	পরমাণু ক্রমাংক	পারমাণবিক ওজন
*Plutonium	প্লুটোনিয়াম	Pu	94	(242)
Po'onium	পলোনিয়াম	Po	84	(210)
Potassium	পটাসিয়াম	K	19	39·10
Praeseodymium	প্রাসিয়োডিমিয়াম	Pr	59	140·91
Promethium	প্রোমোথিয়াম	Pm	61	(147)
Protoactinium	প্রোটোঅ্যাক্টিনিয়াম	Pa	91	(231)
Radium	রেডিয়াম	Ra	88	(226)
Radon	রেডন	Rn	86	(252)
Rhenium	রেনিয়াম	Re	75	186·2
Rhodium	রোডিয়াম	Rh	45	102·91
Rubidium	রুবিডিয়াম	Rb	37	85·47
Ruthenium	রুথেনিয়াম	Ru	44	101·07
Samarium	সামারিয়াম	Sm	62	150·35
Scandium	স্ক্যাণ্ডিয়াম	Sc	21	44·96
Selenium	সিলিনিয়াম	Se	34	78·96
Silicon	সিলিকন	Si	14	28·09
Silver	সিলভার	Ag	47	107·87
Sodium	সোডিয়াম	Na	11	22·99
Strontium	স্ট্রনসিয়াম	Sr	38	87·62
Sulphur	সালফার	S	16	32·06
Tantalum	ট্যাণ্টালাম	Ta	73	180·95
Technetium	টেকনিসিয়াম	Tc	43	(99)
Tellurium	টেলুরিয়াম	Te	52	127·60
Terbium	টারবিয়াম	Tb	65	158·92
Thallium	থ্যালিয়াম	Tl	81	204·37
Thorium	থোরিয়াম	Th	90	232·04
Thulium	থুলিয়াম	Tm	69	168·93
Tin	টিন	Sn	50	118·69
Titanium	টাইটেনিয়াম	Ti	22	47·90
Tungsten	টাংস্টেন	W	74	183·85
Uranium	ইউরেনিয়াম	U	92	238 04
Vanadium	ভ্যানাডিয়াম	V	23	50·94
Xenon	জেনন	Xe	54	131·30
Ytterbium	ইটারবিয়াম	Yb	70	13·04
Yttrium	ইট্রিয়াম	Y	39	88·91
Zinc	জিংক	Zn	30	65·37
Zirconium	জারকোনিয়াম	Zr	40	91·22

তাহা হইলে বিক্রিয়াজাত পদার্থ-গুলির পরিমাণ বৃদ্ধি পাইবে না অপরিবর্তিত থাকিবে —তাহা বুঝাইয়া লিখ। 3

(ii) উপরিউক্ত বিক্রিয়ায় যদি বাহির হইতে CO গ্যাস প্রবেশ করাইয়া CO এর অংশপ্রেষ (Partial pressure) বাড়ান হয়, তাহা হইলে বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণ কিরূপ ভাবে প্রভাবিত হইবে ?

[গুণমূলক (qualitative) বর্ণনায় উত্তর দাও] 3

(b) যদি ফিনলপথ্যালিন সূচক (indicator) ব্যবহার করা হয়, তাহা হইলে 10 সি.সি. 1·0(N)Na_2CO_3 দ্রবণের প্রশমণের জন্য 5 সি.সি. 1·0(N)HCl দ্রবণের প্রয়োজন। কেন, তাহা বুঝাইয়া লিখ। 4

6. নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলির ব্যাখ্যা কর : $2\frac{1}{2}\times 4$

(a) যৌগের স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত সব সময়ে এক হয় না

(b) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড একটি উভধর্মী অক্সাইড।

(c) ফেরিক ক্লোরাইড শমিত লবন হইলে ইহার জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী।

(d) অ্যাসিড মাত্রেই হাইড্রোজেন আছে, কিন্তু হাইড্রোজেন থাকিলেই অ্যাসিড হয় না।

Group—B

7নং প্রশ্ন উত্তর অবশ্যই করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে **যে কোন তিনটি প্রশ্নের** উত্তর লিখিতে হইবে।

7. জলের 'খরতা বলিতে কি বুঝায় ? কি কি কারণে খরতার সৃষ্টি হয় বুঝাইয়া লিখ। 5

অথবা

প্রমাণ কর যে (a) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ক্লোরিন আছে।

(b) নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেন আছে। 2+1

8. কি ঘটে, তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর (যে কোন চারটি) : $2\frac{1}{2}\times 4$

(a) অস্থিভস্ম, বালি ও কাঠকয়লা চূর্ণের মিশ্রণকে ইলেকট্রিক্ চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হইল।

(b) সোডিয়াম আয়োডাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করা হইল।

(c) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণে চালনা করা হইল।

(d) ঠাণ্ডা এবং লঘু (dilute) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল।

(e) কষ্টিক পটাশ দ্রবণের সহিত শ্বেত ফসফোরাস ফুটান হইল।

9. ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের যে কোন তিনটি রাসায়নিক ধর্মের

তুলনামূলক বিবরণ লিখ। ক্লোরিন ও আয়োডিনের প্রত্যেকটির দুইটি করিয়া ব্যবহারের উল্লেখ কর। 6+4

10. (a) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস তৈরীর ল্যাবরটরী পদ্ধতিটির সমীকরণসহ বর্ণনা দাও। 5

(b) নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ :

(i) NH_3 গ্যাস গলিত সোডিয়াম ধাতুর উপর পরিচালনা করা হইল। 2

(ii) কপার সালফেট দ্রবণে NH_4OH দ্রবণ ক্রমে ক্রমে অতিরিক্ত পরিমাণে ঢালা হইল। 3

11. (a) 'স্পর্শ পদ্ধতি' দ্বারা সালফার ডাই অক্সাইড হইতে সালফার ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন করিতে হইলে যে সকল শর্ত পালন করা উচিত তাহা আলোচনা কর। 5+1+4

(b) গ্যাসীয় সালফার ট্রাইঅক্সাইড হইতে কি ভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইবে ?

(c) নিরুদক দ্রব্য (dehydrating agent) হিসবে এবং জারক দ্রব্য (oxidising agent) হিসাবে সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি করিয়া ব্যবহারের সমীকরণ সহ উল্লেখ কর।

12. নিম্নলিখিত যৌগ ও মিশ্রণগুলি আলাদা আলাদা ভাবে উত্তপ্ত করিলে যে যে পদার্থ পাওয়া যাইবে সমীকরণ সহ লিখ : $2\frac{1}{2} \times 4$

(i) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (ii) পটাসিয়াম নাইট্রেট (iii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের মিশ্রণ (iv) লেড নাইট্রেট।

উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদ—1979

প্রথম পত্র

Group—A

1নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে **যে কোন তিনটি প্রশ্নের** উত্তর লিখিতে হইবে।

1. ক্লোরিন ও অক্সিজেন দুইটি ভিন্ন যৌগ গঠন করে। ওজন হিসাবে ইহাদের প্রথমটিতে ক্লোরিনের শতকরা ভাগ 81·6 এবং দ্বিতীয়টিতে ক্লোরিনের শতকরা ভাগ 59·7। এই পরীক্ষার ফল যে রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রটির সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন তাহা বিবৃত কর। তোমার উক্তির সপক্ষে যুক্তি দেখাও। 5

অথবা

1. (a) সালফার ডাই-অক্সাইড অণুতে একটি সালফার পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেন

পরমাণু বিদ্যমান। এই যৌগে ওজন হিসাবে শতকরা 50 ভাগ সালফার থাকিলে সালফার ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্বের অনুপাত কী ? 3

(b) কার্বন ডাই-অক্সাইডের "বাষ্প ঘনত্ব" 22—এই উক্তির অর্থ কী ? 2

2. (a) একটি যৌগে 37·8% কার্বন, 6·3% হাইড্রোজেন ও 55·9% ক্লোরিন আছে। এই যৌগের 0·638 g কে বাষ্পীভূত করিলে প্রমাণ চাপে ও 100°C তাপমাত্রায় ইহার আয়তন হয় 154 ml. যৌগটির আণবিক সংকেত কি ? ইহার সঠিক আণবিক গুরুত্ব কত ? (Cl = 35·5) 7

(b) "এক গ্রাম নাইট্রোজেন ও এক গ্রাম কার্বন মনোক্সাইড এর মধ্যে অণুসংখ্যা প্রায় সমান।"—ইহা প্রমাণ কর। [N = 14] 3

3. (a) মোলার দ্রবণ কাহাকে বলে ? 2

(b) বাণিজ্যিক সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি বোতল 86% সালফিউরিক অ্যাসিড বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহার ঘনত্ব 1·787g/c.c. হইলে অ্যাসিডের এই দ্রবণের মোলারিটি কত ? 3

(c) সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের 2g একটি নমুনা 50 ml(N)NaOH দ্রবণে যোগ করা হইল এবং উদ্ভূত বাষ্পে ধৃত সিক্ত লাল লিটমাস কাগজ এর বর্ণ পরিবর্তন না হওয়া পর্যন্ত ইহাকে ফোটান হইল। এই দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিয়া প্রশমিত করিতে 20 ml(N)H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঐ নমুনার মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা ভাগ কত ছিল ? 5

4. (a) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও চাপে $H_2(g)+I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী (exothermic)। এখন তাপমাত্রা ও চাপ পরিবর্তন করিলে বিক্রিয়াজাত পদার্থটির পরিমাণ কী ভাবে পরিবর্তিত হইবে তাহা ব্যাখ্যা কর। যে সূত্রটি সাহায্যে ইহা ব্যাখ্যা করা যায় সেটি বিবৃত কর। 6

(b) K_2MnO_4 যৌগে Mn-এর এবং $KClO_3$ যৌগে Cl এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। 4

5. গ্যাসীয় সূত্রগুলির সাহায্যে প্রমাণ কর : PV = nRT. 5+3+2

(বিভিন্ন চিহ্নগুলি প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত হইয়াছে)।

এই সমীকরণের সাহায্যে "R" এর মান (value) নির্ণয় কর এবং যে এককে এই মান প্রকাশ করিলে তাহা লিখ। এই একক ভিন্ন আরও যে যে এককে "R" এর মান প্রকাশ করা যাইতে পারে তাহার মধ্যে দুইটির নাম লিখ।

6. (a) সোডিয়াম কার্বনেট এর সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের বিক্রিয়াটি বিবৃত কর এবং রাসায়নিক সমীকরণ এর সাহায্যে সোডিয়াম কার্বনেট এর তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [Na = 23] 4

(b) নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলির ব্যাখ্যা কর :— 2×3

(i) নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড।

(ii) সোডিয়াম কার্বনেট শমিত লবণ হইলেও ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

(iii) সোডিয়াম বাইসালফেট একটি অম্ল লবণ।

Group—B

7নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন **তিনটি প্রশ্নের** উত্তর লিখিতে হইবে।

7. প্রমাণ কর যে :— 2+3

(a) ওজোন অক্সিজেনের একটি রূপভেদ।

(b) সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার আছে।

অথবা

(a) চুনের জল বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার উপর সর পড়ে কেন? 2

(b) পৃথিবীতে জীবজন্তুর শ্বাসপ্রশ্বাস ও বিভিন্ন দহন ক্রিয়ার ফলে বাতাসে অক্সিজেন এর পরিমাণ ক্রমাগত কমিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড এর পরিমাণ অনেক বাড়িয়া যাওয়া উচিত। কিন্তু তাহা হয় না কেন? 3

8. (a) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয় তাহা সমীকরণ সহ বিবৃত কর।

(b) নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ:

(i) H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করা হইল।

(ii) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হইল।

(c) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দুইটি ব্যবহারের উল্লেখ কর। 5+4+1

9. (a) নাইট্রোজেন, সালফার ও ফসফরাসের একটি করিয়া হাইড্রাইডের নাম লিখ এবং ল্যাবরেটরিতে ইহাদের প্রস্তুত করিবার জন্য প্রয়োজনীয় বিকারকগুলির উল্লেখ কর।

(b) তোমার উল্লেখিত নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের হাইড্রাইড এর যে কোন দুইটি রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক বিবরণ লিখ। 6+4

10. (a) ফসফরাস কেন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না তাহা লিখ। ইহার দুইটি রূপভেদের নাম বল। ইহাদের প্রত্যেকটিকে কিভাবে অন্যটিতে রূপান্তরিত করিবে? ইহা কী ভাবে সংরক্ষিত হয়?

(b) ফসফরাস হইতে ফসফরিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত করিবে? 8+2

11. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কী ঘটে তাহা সমীকরণ সহ বিবৃত কর :
(যে কোন চারটি) :— $2\frac{1}{2} \times 4$

(a) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।

(b) ব্রোমিন দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করা হইল।

(c) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিচূর্ণ কাঠ কয়লা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।

(d) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ বিচূর্ণ জিংক ও কষ্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।

(e) উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম এর উপর দিয়া নাইট্রোজেন চালনা করা হইল।

12. (a) Haber পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া কী ভাবে প্রস্তুত হয় ? 5

(b) অ্যামোনিয়া হইতে কী ভাবে (i) ইউরিয়া ও (ii) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় ? $2\frac{1}{2} \times 2$
